

528

151



始





二恒
共編

精神科學

大正
14. 1. 13
内交

東京
敬文堂書店

528-157

序

本書は、Whetham: The Foundations of Science. に基づいて編したものであります。最初、畠山君が、この書を譯しました。次に、私が、それを全體に亘つて増補しました。この増補は、原書の意味を敷衍した外に、新しい例を増加し、新説を加へ、又は私の意見を附け加へた所もあります。例へば、科學分類に関する意見や、相對性原理の説明の如きは、全く新しく添加したものであります。それで、原書の約一倍半の分量となりましたので、題目も改め、私共二人の編としたのであります。

本書の目的は、基礎科學の歴史的發達と、現在の進歩の状況を概観することであり、基礎科學として選定せられましたのは、物

理學、化學、生物學及び心理學であります。この中で、自然科學の方面は、比較的 materials も多く集まつてゐますが、精神科學の方面は、心理學の一部分と論理學の一部だけの叙述に止まつてゐます。それで、大に増補の餘地が残つて居りますけれども、暇がない爲に僅少の添加だけに止めたのは遺憾に存じます。

私は本書が、現在我國に著しく興起しつつある科學的精神の涵養の爲に、幾分の貢獻をなし得ることを信じて筆を取りました。その豫期がある程度まで満足せられんことを希望するものであります。

大正十三年十二月

本田親二識

目次

第一章 科學の分類

- 一 科學の意義……………一
- 二 ホエサムの科學三分説……………二
- 三 科學の體系的分類……………三

第二章 物理的科學

- 一 古代の物理學……………一八
- 二 中世紀の物理學……………三三
- 三 ガリレオ・ガリレイ……………三三
- 四 ガリレオの研究法……………六六
- 五 ニュートン……………三三
- 六 力學の根本概念……………三三

七 化學の發生……………
 八 エネルギーの概念……………
 九 光に關する學說……………
 十 電氣學の發達……………
 十一 放射能の研究……………
 十二 原子の構造……………
 十三 相對性原理……………

第三章 生物學

一 生物學の起原……………
 二 ギリシヤの生物學……………
 三 文藝復興期の生物學……………
 四 中世の動物學……………
 五 進化論……………

四七

五〇

五五

六一

六二

六七

七〇

七五

八三

八四

八五

八七

九〇

六 人類の進化……………
 七 メンデルの遺傳の法則……………
 八 メンデル遺傳の現象及び應用……………
 九 古代人の微生物觀……………
 十 パスツールの研究……………
 十一 酵素の發見……………
 十二 マラリヤ熱……………
 十三 地中海岸及びアフリカの風土病……………
 十四 治療及び衛生の進歩……………
 十五 機械論と活力論……………

第四章 精神科學

一 精神現象の研究……………
 二 皮膚覺……………

九六

九七

一〇一

一〇四

一〇六

一〇七

一〇八

一一〇

一一三

一二三

一二四

一二八

一二九

4

- 三 視 覺……………一四一
- 四 他の感覺……………一四二
- 五 記 憶……………一四三
- 六 聯 想……………一四五
- 七 精神活動の區分……………一四七
- 八 概 念……………一四九
- 九 潜在意識と變態現象……………一五一
- 十 精神と物質との關係……………一五三
- 十一 經驗的知識……………一五五
- 十二 論理的原理……………一五七

目次終り

自然科學と精神科學

本 田 親 二
 畠 山 恒 共編



第一章 科學の分類

一 科學の意義

ねますと、ラテン語の *Scientia* から來たので、その本來の意味は廣く學問又は知識を表はすものであります。この名詞の本である *Scire* といふ動詞は、學ぶ又は知ると意味で、獨語の *Wissen* も同意義であります。然し一般に近世に於ける科學の意義は變化して來ました。即ち、**自然界の現象及びそれ等の現象間に發見せられたる關係に對する系統的知識のみを科學といふ様になりま**

自然界の現象

科學の意義

1) 系統的知識
2) 非系統的知識
3) 断片的知識
4) 綜合的知識

した。つまり吾人の知識は大別して系統的知識と非系統的知識即ち断片的知識とに区分せられます。前者は學識であり、後者は常識であります。學識は更に科學と哲學とに大別することが出来ます。科學は前に申しました通り現象に關する系統的知識であり、哲學は一面に於て現象の基礎たる本體及び現象を認識する方法の基礎を研究するものであり、他面に於ては科學全部を綜合的に考察するものと見ることが出来ます。

二 ホエザムの科學三分説。

従來は便宜上から習慣的に科學は三大部に區分されてゐました。それは、

- 1 物理的科學
- 2 生物學
- 3 精神科學

であります。物理的といふ言葉は、ギリシヤ語やラテン語の語原から考へますと、「一般に自然的といふ意味であります。けれども現今は何處でも、物理的科學といへば必ず、生命に關係のない物質及びエネルギーを研究する科學の分科と考へられてゐます。それに對して、生物學は生物を

1) 物理的科學
2) 生物學
3) 精神科學

の物を研究し、又生物を構成せる物質及びエネルギーに關する特殊の問題を研究するものであります。次に精神科學は精神現象及びそれに影響する外界の現象に就て研究するものであります。精神といつても最初は人類の精神だけを研究の對象としたのでありますが、比較心理學が發達して動物の精神状態の研究を始めるやうになりましたから、精神の範圍も著しく廣くなつたのであります。

科學の發達は益々科學者を分業的にしますから、科學の分類は益々複雑になります。そこで全體の科學を總合する學としての哲學が考へられる様になりました。かくの如き哲學の最初からの問題として常に論議せられたのは、多くの科學の間の關係をどんな風に考へたら適當かといふこととでありました。つまり科學分類の問題であります。昔は科學は學問全部を包含する名稱であつたのですから、その分類は極めて複雑で又重要であつたのであります。けれども現在は科學の範圍が限定されて居ますから、其點だけは幾分簡單になつた譯です。それでも科學の分類といふことは最も困難な問題の一つであります。現今種々の分類案が出來てゐますけれども、どれも永久に適當だと考へることは出來ません。個々の科學は絶へや進歩してゐますから、その研究範圍は時々刻々に變化し、從て他の科學との關係は常に變化しつゝあるのです。それで今日最適當な科

3

1) 系統的知識
2) 非系統的知識
3) 断片的知識
4) 綜合的知識

學分類案も明日は時代後れの不適當なものになるかも知れないのであります。

今假りに前に述べた科學の三分説を採用しますと、その三つの基礎科學の間の關係は下の様に考へることが出來ます。物質及びエネルギーの現象の科學たる物理的科學は一面に於て生物學と接觸してゐます。それは生物界に現はるゝ生理現象の大部分が物理化學的に説明せらるゝことによつて考へることが出來ます。又生物學は他面に於て、精神現象の科學たる心理學に接觸してゐます。吾々が科學的方法によつて研究し得る範圍では、精神は常に生物に含有されてゐるものであります。そこで、精神は常にそれを含む生物と關連して研究せらるゝものであります。

これだけの關係は極めて簡單な様であります。つまり、三科學を一行に並べるものと考へますと、一端に物理的科學を置き、中央に生物學を、他端に心理學を並べますれば、その系列によつて科學間の關係を現はす模型を造り得る様に思はれます。この系列は虹の色の系列に例へることも出來ます。そうしますと、赤は物理學を現はし、緑は生物學を、青は心理學を現はすこととなります。物理學の赤色は虹に於ては、不可視の部分から薄い紫色となつて現はれ漸次赤く變りまゝです。又心理學の青色は漸次藍色の霞の中に消へ行くものでありますが、その藍色と物理學の基をなす紫色とは餘り差のないものであります。この關係を圖解すれば次の様になります。



次に別の見地から考へますと、吾々は心理學から論理學に連絡をつけ、それから物理學に進み、生物學に行くといふ途をたどることも出來ます。心理學は論理學や認識論の材料を供給するものであります。吾々は論理學的に事物を認識し、感官によつて外界を知覺し、又は以上の二者を巧妙に結合して科學を構成します。斯の如き根本的の認識作用を批判的に研究する基礎となるものは心理學であります。それで心理學から出發して論理學に達して基礎的概念の研究をなし、それから符號の論理學たる數學に移りますと、それが力學や物理學の基本となりますから、つまり最初の出發點たる物理的科學に復歸することになります。

この關係を明瞭にするには、前に掲げた直線狀のスペクトルの排列を變へて、それを圓く曲げて兩端を接觸せしめた方が適當であります。そうすると青(心理學)の外側にある藍(認識論)が、紫(論理學)と接近することとなります。論理學から科學の基礎的概念が発生して、遂に赤色に進みますと明瞭に物理學が現はれます。

この関係を明瞭に圖解するには、最初ニウトンが思ひついた方法で、今はマクスエルの色覺説を説明するに用ゐらるゝ色の系列を借りるのが便宜であります。後に詳述しますが、マクスエルの色覺説によりますと三個の基本色覺があります。それは赤と緑と青であります。そこで、その三色で一つの三角形の三隅を塗ります。それから三角形の内部の各點は隅の色をだん／＼ほかして彩色することになります。つまり赤の隅に近い程、赤色は漸次濃くなるのであります。そうすると左圖の様なものが出て來ます。



此圖でも前と同様に、赤は物理學を、緑は生物學を、青は心理學を現はすものと假定しませう。つまり三角形の三隅は最も純粹な科學を現はすことになります。赤は最狹義の物理學を現はし、

緑は動物學及び植物學を現はし、青は純粹の心理學を現はします。それから其他の多數の複雑な科學は、物理學と生物學と心理學とが種々の割合で結合したものであります。それで圖の三角形に於ては、隅の三原色が各隅からの距離の割合で適當に混和された色を現はす中間の部分が種々の科學の位置を表はすことになります。

更に物理的科學の起點たる紫色の部分から詳細に調査を始めることにしませう。此部分には思考の法則を研究する論理學があります。論理學には、言語の論理學と記號の論理學の二種があります。その中で後者は數學の基礎原理を包含するものであります。それから更に左に進みますと純正數學が現はれ、その次に並ぶものは應用數學であります。これが物理學の問題を解く基礎となります。その次が力學であります。力學の原理は實驗によつて樹立されるものであります。その學の大部分は種々の原理から數學的に演繹した結果によつて構成されてゐます。その次は愈々赤の隅に達します。そこには物理學固有の各分科が並列してゐます。それは熱學、光學、音學、電氣學及び磁氣學等であります。こゝに又、化學を並べなければなりません。化學は本來分子物理學の一分科として取扱ふべきものかも知れませんが、物理學に包含せらるゝ他の分科よりも生物學と密接な關係がありますので、赤の上の方に、黄との間に並べる方が適當でありませう。

それから圖の黄色の部分に進みますれば、そこには生活現象に關する物理學と化學があります。それは動物及び植物生理學の一方面であります。生理學は他面に於て、先づ細胞を研究します。次に全體としての各生物を研究します。その邊で漸次前圖の綠色の部分に移り行くのであります。此所で物理的科學の範圍内では取扱はなかつた、一の新要素を加へることになります。それは生命といふ驚くべき要素であります。吾人は比較生理學によつて、動物や植物の種々の類型を學びますが、斯の如き生物の形態的方面は動物學及び植物學の固有の部分でありますから、前圖の純粹の綠色の部分に相當するものであります。

動物學の占有する綠色部から三角形の邊に沿ふて下に進みますると青色部に移り行きます。その部分は動物學ばかりでなく、植物學にも幾分關係を有して居ます。この青色部に於て再び吾々は一の新現象を發見します。それは生命が無生物を超越する様に、單なる生命を超越するもので、意識及び一般の精神現象がそれでありませぬ。こゝで青色部の中心たる心理學に到達しました。心理學は精神現象の研究をなすものでありますが、其一面たる内省によつて精神を研究する方法は、遼遠なる古代より行はれたものであります。けれども實驗による觀察を主とする心理學の新方面は、最近に發達した科學の一であります。生物學の中で、心理學と最も密接な關係を有する部分

は生理學であります。所が前に述べました通り、生理學は一面に於て、物理學及び化學と密接な關係がありますから、圖に於ける生理學の位置は、生物學の範圍全體に亘つて、左の邊から右の邊まで達するものと考へなければなりません。

心理學から左に進むと、認識論に到達しますから、丁度圖の三角形の邊に沿ふて一周したことにあります。つまり吾々は再び出發點たる論理的原理の所に返り着いたのであります。論理學の原理は心理學と密接な關係があります。斯の如き原理を理解するのは精神の直接の作用であるからであります。又論理學は他面に於て物理學及び其他の科學の基礎となります。

三角形の中心に近い部分は、種々の複雑な科學に相當する所であります。複雑な科學といふのは前述の三個の基礎科學の供する種々の概念を用ゐて研究する必要があるものであります。例へば、天文學は紫の部分に置くべきものでしやう。その重要な要素は數學と物理學とであります。又地質學は重に物理學と生物學に關係するものでありますから、黄の部分に置かるゝこととなります。史學及び法學は青綠色の部分に置かれます。これ等の學は重に心理學と生物學とで構成されてゐます。けれども又人體の構造や、天地自然の環境や、種々の力學的法則等に從つて常に人類の生活は限定されて居ますから、其影響も度外視することは出来ません。それで物理的科學も其

最後に、圖の三角形の中央に位する白色部には種々の大問題が存在します。それ等の問題の解決には、總ての科學の知識を適當に必要とするものであります。その一は、實在の本性の研究をなす形而上學の諸問題であります。その二は、知識の相互關係を研究する哲學であります。その三は、內的及び外的宇宙の意義及び目的を研究する、廣義の神學であります。

以上は彩色せる三角形内に於ける科學の排列案であります。次に精神界及び物質界に於ける可知現象の研究に、この彩色三角形を如何に利用し得るかといふことを考へて見ませう。

假りに吾々が、唯一つの三角形の窓のある室内に居ると考へませう。その窓には、前述の科學の排列案と同様な色硝子が嵌めてあるものとしませう。

吾人は室内の事物を其窓を通して來る光で研究します。又外部の景色を同じ色硝子を通して眺めます。精密な科學的實驗の發達しない時代には、この種の色の光を分離しやうと考へたものはなかつたであります。又この窓の一部分を通して暫時の間、外界を注視する様なこともなかつたのです。しかし吾人の視覺を混亂せしめる色や光の錯雜を避ける方法が漸次に發見せらるゝ様になりました。先づ自由に動く窓掛を造りまして、その真中に一つの小さな穴を明けます。此窓掛

で三角窓全部を蓋ひまして、その穴を或一つの科學に相當する窓の部分に置きますれば、室内の景も室外の世界も、唯一つの科學の光で見られることとなります。つまり事物が精確に一定の見地から研究されることとなります。

それから人々は漸次益々強力なる研究法を發明しました。これ等の方法を前と同様な譬喩で説明しますと、先づ望遠鏡と顯微鏡を考へたらよいでしやう。つまり吾々が窓掛の穴を通して外界を眺めるに、漸次倍率を増加する望遠鏡を用ゐる様になると同時に、室内の事物の研究には漸次改良されつゝある蟲眼鏡や顯微鏡を用ゐる様になつたと考へることが出来ます。

生命を精確に総合的に研究する爲には、現存せる總ての科學の光を順次に使用することが必要であります。若し吾々が一つの色だけで觀察しますと、局限された見地から眺めた生命の姿を得るだけであります。又三角形の中央の形而上學の部分の白色光だけで觀察しますと、白色光中に含有する複雑なる性質を發見することも出来ませんし、又種々の色の光を順次に使用して漸く發見し得べき多數の新關係を發見することも出来ません。

11 以上述べたことは皆譬喩に過ぎないのであります。科學と三角形との間に實際關係がある譯ではありません。又物理學者が實際事物を赤く見たり、心理學者が青く見たりする様なこともあり

ません。しかし譬喩も役に立つことがあります。譬喩は何も説明するものではありません。けれども他の方法では中々解り難い事柄を、極めて明瞭に理解せしむることが出来ます。又譬喩は種々の新しい関係を暗示することもあります。そういう暗示は更に論理的な厳密な方法で證明し確定し得ることがあります。科學の三角形の譬喩も先づそんなものと考へたらいいでせう。尤も此譬喩は餘り役に立たないかも知れませんが別に害にはならないでせう。

三 科學の體系的分類。

ホエザムの科學の譬喩的分類は大に興味あるものでありますが、吾々はそれだけでは現代の發達せる科學の分類として物足らぬ感が至しますので、こゝに編者の案を補足しやうと思ひます。

前節の案には、科學の系列中に哲學や形而上學や神學などまで取入れてありました。けれども、これ等は科學の範圍ではありませんから、此體系中には入れません。

現代の科學は大別して、理論科學と應用科學の二つになります。前者は種々の現象を支配する法則の發見を目的とします。後者は前者の成果を人類の生活に應用して其幸福を増進することを目的とします。理論科學は更に形式科學、自然科學、精神科學の三つに別れます。形式科學は具

體的の現象を研究するものではなく、他の諸科學の研究の方法及び形式に就ての理論を研究するものであります。自然科學は自然界の諸現象を研究するものであります。又精神科學は精神現象特に人類の精神の發見を研究する科學であります。應用科學は更に、應用自然科學と應用精神科學とに別れまして、理論科學の分類と對應するものと考ふことが出来ます。これ等を更に詳細に分類すると左表の様になります。

科學の體系的分類表

I. 理論科學

1 形式科學

A 數學(數及び量の形式的法則を研究するもの)

B 論理學(思考の規範となる法則を研究するもの)

2 自然科學

A 廣義の物理學(自然現象の分析的研究をなすもの)

a. 力學(物體の運動の研究)

b. 物理學(物質及びエネルギーの研究)——物性論、熱學、音學、光學、磁氣學、電氣

- 學、放射學、相對性原理、量子論等を含む)
- c. 化學(物質の化合現象の研究)
- B 天文學(自然現象の具體的方面の研究をなすもの)
 - a. 地學(地球に關する具體的研究をなすもの——地球物理學、氣象學、地質學、地文學、地理學、地震學、測地學、海洋學、礦物學等を含む)
 - b. 理論天文學(天體の運行及び曆の原理等の研究)
 - c. 天體力學(天體の運動の研究)
 - d. 天體物理學(天體の現狀及び組成の研究)
 - e. 宇宙論(宇宙の構造及び變遷の研究)
- C 生物學(生活現象の研究をなすもの)
 - a. 生理學(生活現象の法則の研究)
 - b. 形態學(動物及び植物の形態の研究)
 - c. 發生學(動物及び植物の個體發生の研究)
 - d. 遺傳進化學(遺傳及び種屬發生の研究)

3. 精神科學

- A 心理學(精神現象の法則を研究するもの)
 - a. 人類心理學(人類の精神現象の法則を研究す——個人心理學、社會心理學に別れ、個人心理學は更に正態と變態とに別れ、正態心理學は更に兒童心理學、普通心理學に別る。又研究方法によりて、内省心理學と實驗心理學とに別る)
 - b. 動物心理學(動物の精神現象を人類と比較して研究するもので比較心理學ともいふ。植物にも精神現象を認むる人もあります。)
- B 倫理學(行爲の規範及び法則を研究するもの。)
- C 美學(美意識及び藝術を研究するもの。)
- D 宗教學(宗教的現象を通ずる法則の研究)
- E 史學(社會變遷の理法の研究)
- F 社會學(社會現象の法則の研究)

II 應用科學

1 應用自然科學

- A 工學
- B 醫學、衛生學、優生學、
- C 農學、林學、水産學
- 2 應用精神科學
- A 教育學
- B 道德學
- C 法學、政治學
- D 經濟學、商學

以上は重要な科學を體系的に排列したものであります。科學の分科は常に複雑に進みつつあるのですから、學と名のつくもの全部網羅すると非常に錯雜することになります。それで本書の目的に必要な程度に分類を止めました。それから、科學の分類といふことは種々の見地から考へることが出来ます。第一は、研究の目的によつて分類するものであります。第二は、研究の對象によつて分類するものであります。第三は、研究の方法によつて分類するものであります。これ等の規準による種々の分類案の批判は非常に興味ある問題であります。それには歴史的背景や哲

學的基礎を必要とすことになりまして、本書の目的外となると思ひますから、こゝには論じないこととします。これから後の章は三個の基礎科學たる物理學、生物學及び心理學の發達の概略を述べることとなります。

第二章 物理的科學

一 古代の物理學。

古代の民族の間に起つた力學的思想の根源は二つの方面に求めることが出来ます。其一は人類が其勞働の補助として發明した器具や機械の原理を理解しやうとする努力であります。其二は自然界に現はるゝ物體の運動の現象の研究であります。

挺子、斜面、楔等の器具はエジプトやアッシリアの古代の遺物たる石材に彫刻した畫の中に現はれて居ります。これ等の器具は有史以前から、これ等の地方の民族に使用されて居たのであります。けれども彼等はこれ等の器具を使用するに就ての力學的原理を科學的に説明し得なかつたのであります。最初に斯の如き科學的説明を試みた人はアルキメデスであります。アルキメデスはギリシヤ人でありまして、其當時のギリシヤの殖民地であつたシチリア島のシラクユース市に住んで居ました。彼は西曆紀元前二百八十七年に生れ、二百十二年に敵の爲に殺されました。アルキメデスは其當時のギリシヤ文明の中心であつたアレキサンドリアで教育せられました。

此都はエジプトの地中海岸にある港で、アルキメデスの時代より約五十年前にユークリッドが此所で講座を開いて居たことがあります。ユークリッドは有名な幾何學の大成者であります。彼が幾何學研究に用ゐて非常に成功した研究法を、アルキメデスは物理學の方面に應用したのであります。

彼は先づ公理を設定しました。公理は證明を要しない、自明の命題であります。次にユークリッドの推理法によりまして、其公理から挺子の法則を導き出しました。その法則は次の様なものであります。『今一本の軽い棒の任意の一點を支點上に載せ、棒の兩端に適當なる錘を吊して、棒が釣合ふ場合には、支點から兩端までの距離即ち各腕の長さの比は、其兩端に吊せる錘の重量の比と逆比例するものである。即ち一端に於ける錘の重量と、支點からの距離との積は、兩側に於て同値である。』これは普通の挺子の法則であります。

現今の力學では、實驗によつて此法則を證明するのであります。けれども、アルキメデスの證明法をよく調べて見ますと、彼は先づ重心の特性を假定したことが解りました。所が其假定は本來挺子の原理と同一のものであります。尙彼の作つた公理の一部は實驗によつてのみ證明の出来るものもあります。それでアルキメデスの得た結果は正しいのでありますけれども、方法は全部

正しいとは云へないのであります。そこで現在吾人は先づ此法則を實驗によつて確立して置いて、更に其後の演繹の基礎に用ゐるのであります。

それでもアルキメデスが、其當時比較的よく知られて居た重心に關する現象を利用して、挺子の説明をやつたことは、科學上の非常な進歩と認めなければなりません。科學的の説明といふものは、吾々がよりよく知つて居る現象を用ゐて、より少なく知つて居る現象を云ひ現はすといふことに外ならないのであります。そうしますとアルキメデスの説明は實際總ての科學的説明の模範であります。その時代の人々の頭には、彼の採用した公理が、彼が證明した結論よりもよく熟知せることのように思はれたのであります。そこで彼の證明は當時代の人々に取つては眞の説明であつたと考へることが出来ます。

吾々は今は何でも實驗法に證明の基礎を求めて居ます。挺子の法則は容易に實驗的に證明の出来るものであります。けれども重心の原理を一般の形式で證明することは、容易に實驗で出来ないのであります。それで挺子の法則を重心の原理によつて證明しやうとするのは現今では逆の様に思はるのであります。所が實驗的の證明に慣れない古代の人々に取つては、重心の原理は自明のことと思はれたのですから、それを演繹の基礎としたのは無理とは云へません。吾々は此一

例によつて物理學的説明の眞相を明瞭に理解することが出来ます。つまり物理學的説明といふものは、其當時に其問題を取扱ひつゝある特殊の人々に熟知せられた觀念を以て、未知の現象を言ひ換へるに過ぎないものであります。

液體に浮べる固體即ち浮體の現象に就て明瞭な説明を加へたのは、アルキメデスが最初でありました。彼は物體の重量と體積との關係を研究しましたが、その結果として密度及び比重の概念が初めて明らかになりました。彼の浮體の原理は、單に「アルキメデスの原理」と呼ばれるもので、次の様に言ひ現はされて居ます。「一の物體が一部或は全部没入しつゝ液體中に浮ぶときは、其物體の全重量は、その排除する液の重量に等しいものである。」

二 中世紀の物理學。

アルキメデスの時代から約二千年の間は、殆んど力學の進歩を認めることは出来ないものであります。十五世紀から十六世紀にかけては、多方面に天才を現はしたレオナルド・ダ・ヴィンチ (Leonardo da Vinci 一四五二——一五一九) や、ブルーヂスのシモン・スチーブン (Simon Stevin of Bruges 一五四八——一六一〇) が現れまして、再び挺子の問題の研究をやつて居ます。彼等は

又斜面の問題や、一平面内に於て、一點に働く三力の平衡の一般条件をも研究して居ます。所が彼等の証明の形式は、矢張りユークリッド幾何學の方法を採用して居ました。彼等の定めた重要な公理に、無限連鎖の永久運動を直覺的に否定したものがありません。それは、まづ連鎖の一部を斜面に沿ふて延ばし、斜面の頂上から垂下せしめ、斜面の底部を廻つて一周する様にして作つた無限連鎖は、一度運動せしめても永久に運動を続けるものではない、といふのであります。此公理は斜面の摩擦を考へると容易に理解されるのでありますが、其當時は實驗的に考へないで、直覺的に定めてかゝつたのであります。けれども、こんな風に、實驗的に可能なものと、不可能なものとの區別が漸次識別される様になつたのは、眞の進歩の一端と考へることが出来ます。

レオナルドとスチーブンは漸次研究を進めて靜力學に確實なる基礎を與へました。靜力學は力學の一分科で、物體に數個の力が働いて平衡して居る場合の法則を研究する學であります。靜力學に對して、物體の運動の法則を研究するのは動力學であります。所が、此方面ではレオナルドの筆記帳の中に多少進歩した痕跡はありますけれども、殆んど發達の跡を認むることが出来ません。其當時は矢張り二千年前のギリシヤの哲學者アリストートルスの説の權威が一般を風靡して居りました。其説によりますと、物體が地に向つて落ちるのは、各物體が其自然の位置を求めらる爲で

あります。物體の自然の位置は、其内在的特性たる重量によつて異なるものであります。即ち重い物體の自然の位置は低い下方にあり、軽い物體の位置は上方にあるのです。此考によりますと、物體は重ければ重い程速く落ちなければなりません。つまり重いものの自然の位置は下方の遠い所にあるから、どうしても急がなければならぬことになるからです。今から考へると滑稽に見えますけれども、其當時は皆そう信じて居ました。

三 ガリレオ・ガリレイ

イタリアに生まれました自然科学の大天才ガリレオ・ガリレイ(Galileo Galilei 一五六四—一六四二)は、直覺的に自然研究の立脚地を全部變更する必要を認めました。ギリシヤの哲學者や中世紀の學者達は、何故に(Why)物體は落ちるか、といふ問題を攻究しました。然るにガリレオは、如何に(How)物體が落ちるかといふことを實驗的に研究しやうと決心しました。彼の取つた方法は現代の眞の研究法と一致して居ました。

二千年餘の間、西洋の人々は、重い物體は軽い物體よりも早く落ちるといふアリストートルスの説を、少しも疑はずに信じて居ました。所が此説が誤謬であることを證明するには、たつた五分

間の實驗で十分であります。それは軽い石塊と重い鐵塊とを、懸崖の上からか又は高い建物の上から落して見れば、直ぐ明らかになる筈であります。ガリレオはピザの斜塔の頂上から、重い物體と軽い物體とを同時に落しまして同時に地面に到着する實驗をやりまして、最初彼の説を信じなかつた同時代の人々に示しました。此實驗に用ゐる軽い物體は空氣の抵抗によつて其落下の速度が著しく沮害されない程度の重量を有することが必要であります。此簡單なる實驗によつて、アリストートルスの學説が誤であることが證明されました。かくして科學上の新時代が始まつたのであります。

落下する物體は、長く空間を通過するに従つて漸次其速度を増加するものであります。ガリレオの第二の研究は、落下の速度の増加を支配する法則を發見しやうと企てたことでもあります。彼は最初に、落體の速度は落下の距離に比例するものであると假定しました。しかし彼はすぐ此考が間違たと悟りました。其次に彼は、落體の速度は落下の時間に比例して増加するものである、といふ假説を考へました。それから此假説を實驗によつて證明する方法を考案しました。

自由に落下する物體は、餘り速く運動します爲に、其當時使用されて居ました幼稚な裝置で其速度を測ることは不可能でありました。そこで、測定の可能性を得る爲に、ガリレオは次のことを假定しました。それは、斜面に沿ふて轉がり下る球の運動は、自由に落下する物體の運動と同種の法則に従ふといふことでもあります。斜面上の運動の速度は斜面の傾斜の度を加減することによつて、自由に遅くすることが出来ます。このガリレオの假定は勿論正しかつたのであります。

落下の速度が落下の時間に比例して増加するといふ假定に基づいて、彼は球の轉がるべき距離を計算しました。その結果として、落下の距離は時間の二乗に比例しなければならぬといふことが導き出されたのであります。即ち、若し球が最初の一秒間に一尺轉がるものとし、二秒間には四尺、三秒間には九尺といふ割合に轉がり落ちることになる筈であります。此結果を彼は實驗によつて決定しやうと企てたのであります。

彼の持て居た時計は不精確で又使用に不便でありました。そこで彼は實驗の際、時間を測定する爲に新しい裝置を考へました。彼は底に小孔を穿つた大桶を用意しました。其小孔の下に別の桶を置き、小孔を自分の指で塞ぎました。それから大桶に水を満たしました。時間の測り始めの時に、指を穴から離しますと、水が流れ出して下の桶に溜ります。時間の終りになると又指で穴を塞ぎます。其間に流出した水の重量を測りますと、それが時間に比例する數となります。

此方法で實驗して、ガリレオは彼の假定の結果を實證しました。此場合には、他の假定を基としましては、同じ結果を生ずる様なことはないのであります。それで、落體の速度が落下の時間に比例するといふ假説は、一種の實驗で確かめられたことになります。此實驗を何回反覆しても同じ結果を得ました。そこで此假説が眞であるといふ一般的確信が樹立せられました。

次に自由に落下する物體の實際の速さを測定する問題が残つて居ました。これをガリレオは次の様にして實驗しました。彼は、下り坂につゞいて上り坂が来る様な、摩擦の極めて少ない組の斜面を作りました。一の物體が下り坂の斜面を滑り降りますと、その勢で坂の下から次の上り坂の斜面に滑り昇るものであります。彼は物體の昇りつめる高さ、前に降り始めた時の高さと同じであることを確かめました。此結果は斜面の長さや傾斜の角度には無關係であります。その結果から、物體の運動に關係するのは鉛直の高さだけであつて、水平に測つた距離は全く關係がないことが解ります。それを極端の場合に當筱めると、降下する全體の高さが同一でありますれば、斜面を滑り降る物體が最後に得る速度と、自由に落下する物體の得る速度とは同一であるべき筈であります。

以上の結果は興味あるものでありますが、もつと重要な結果が以上の二斜面の研究から得ら

れたのであります。一の斜面を滑り降つた物體は、それにつゞく他の斜面上を同じ鉛直の高さまで昇り得るだけの速度を得ることは前の實驗で確かめられたのであります。所で第二の斜面は如何に長くとも、又その傾斜が非常に緩でありましても、摩擦のない面でありますれば、同じ結果が得らるゝものであります。つまり物體の速度を減衰せしむるものは鉛直の方向の上昇のみであります。此結果を極限の場合即ち、第二の斜面が水平になつた場合に適用すると、其場合には速度の減衰が起らないことになります。それで摩擦さへなければ、物體は水平な面上を永久に等速度を以て直進することになります。こゝに永久等速直線運動の概念が生じたのであります。これは後年に於てニュートンの運動の第一の法則の基礎となつたものであります。

此結論は科學界に著しき革命を起しました。その革命を理解する爲には、此結論が排除した迷信を簡単に敘述することが必要であります。日常生活に於て吾人は、運動せる物體が或は地面に衝突し或は摩擦により或は他の反抗力によりて遂に靜止するのを常に見て居ます。此經驗によつて吾人は、物體の運動を變らない様に繼續せしむる爲には、絶えず一定の力を加へることを必要とする、といふ考を如何なる場合にも持つ様になりました。そこで天文學に於ては、惑星の運行を接ける爲に一種の渦動が空間に存在すると考へる様になりました。又地球上の力學にも同様な

煩はしい概念を用ゐる様になりました。

ガリレオは一舉にして總て斯の如き説を打破しました。そうして物理学の新建築の爲に、先づその土臺を清めたのであります。

四 ガリレオの研究法。

ガリレオに續いで數多の學者が輩出して、種々の研究に従事したのですが、それ等の事蹟を述べる前に、しばらく、ガリレオの成し遂げた物理学研究法の改良及び物理学知識の實際の進歩の跡を顧みることも無益でないと思ひます。ガリレオ以前の學者の研究を調べた後に、ガリレオの研究を見ますと、丁度暗室中で摸索してゐた後に日光の下に出た様な氣がします。彼は近世の力学の開祖であります。又彼の研究法は永久に物理学的研究法の模範であります。彼は適當な場合に實驗を行ひました。それから彼の實驗を導く爲の假説を作成する目的で、科學的想像力を適當に使用しました。かくて出來上つた假説は再び彼の實驗によつて試験せられました。其結果によつて正しいか、正しくないかを證明されるといふ順序になります。

ガリレオと同時代に、英國で大法官フランシス・ベーコン卿 (Lord Chancellor Bacon 1561-

—1626) が、科學的研究法を哲學的に攻究してゐました。中世紀のスコラ哲學の誤謬に對する健全なる反動として、ベーコンは實驗に非常に重きを置いたのであります。彼は、ある現象を總ての方面より實驗すれば、科學的の法則は演繹推理の助けを藉らずして明らかになるものであると教へました。しかし此點は彼の考へ過ぎであることは明らかであります。實驗の前に假説を設け、それを演繹推理の基礎前提として、その結論を實驗で試みるのが簡便であり、又その方法によらずして法則を出すことは實際殆んど不可能であります。ベーコンは机上の哲學者でありましたから、純理論的に以上のことを考へたものでせう。ガリレオは哲學的の空理を考へませんでした。しかし彼は實行し得べきこと及び有效なることを判別する眞の科學的本能を持てゐましたので、正しい研究法に直進し得たのであります。

重い物體と軽い物體との落下の比較の問題に於ても、ガリレオは直ちに決定的の實驗が可能であるといふことを認め得ました。そこで彼は重い球と軽い球とをピザの斜塔から落しました。それで問題は直ちに解決せられました。此の場合の方法は最も簡單なる種類の研究法であります。重い物體が軽い物體よりも早く落ちるといふことが、古代の權威者アリストテレスの言葉によつて一般に信ぜられてゐました。數千年の間誰も、このことを試験しやうと考へなかつたのであ

ります。然るにガリレオは疑ふべき理由があると考へましたので、此問題に對するアリストートルスの意見に満足しなかつたのであります。そこで彼は進んで、如何なる結果が起るかといふことを實驗して見たのであります。

彼の落下の速度の法則に關する研究は、更に複雑なる問題を呈供するものであります。この研究には前に手を附けた人がありませんから、どんな結果が出るが別らないのです。若しガリレオがペーコンの方法によつて研究を始めたとしますれば、彼は速度の法則が獨りでに別るまで、落體に關する無限の實驗をやらなければならなかつた筈です。けれども彼はそんな面倒なことは全くやらなかつたのです。最初彼は坐つて、よく考へました。そして此場合の可能なる法則に就て想像しました。まづ、落下の速度は落下せる距離に比例す、といふ假説を想像したのであります。此假説を前提として、彼は其結論を推理しました。そうして其結論が自家撞着をなすことを發見しました。そこで彼の想像の誤謬なることは明瞭となりました。

そこで彼は、も一週考へ直しました。彼は落體の最後の速度は落下の時間に比例して増加す、といふ假説を建て、それを攻究したのであります。この假説から導いた結果は論理的に整合せるものであります。それで此假説は實驗によつて正否を決する價値があるものであります。

しかし此假説を直接に實驗によつて證明することは非常に困難でありました。少くともガリレオの採用した實驗装置では、殆んど不可能でありました。それで彼は此假説を前提として演繹的に數學的推理をなして得られたる結果の内の一つを取りました。その結果は、落體の落下の距離は落下時間の二乗に比例するものである、といふのであります。

つまり此結果を實驗によつて確かめなければならぬのです。彼は其爲に實驗の方法を色々計畫しました。それには實際種々の力學的困難に面しなければならなかつたのです。第一に彼は實驗の必要上から此過程の條件を改正しました。まづ空間を自由に落下する物體の代りに、斜面を落下する物體を用ゐまして、落下の速度の減少を計畫しました。第二に、實驗に現はるゝ短かい時間を十分精密に測定する装置がなかつたので、彼は此特殊の目的に用ゐる一種の水時計を新しく發明しました。それで總ての條件が都合よくなりました。又彼の實驗装置も適當のものとなりました。そこで彼は落體が斜面上の一定の距離を落下するに要する時間を測定しました。此實驗は數回繰返されました。その各の實驗の結果を比較しますと、僅かづゝの差異は現はれてゐました。けれども平均して見ますと、彼の實驗の結果は、物體が靜止の状態より落下せる距離は落下の時間の二乗に比例するものであることを明らかにしたのであります。

此場合に彼の証明したものは彼の假説から導いた結論の一つでありました。所が此結論を正し
いとすれば、元の假説は必然的にそれから導き出すことが出来ることが數學的に證明せられ得る
ものです。それで此場合には以上の結論の一つを証明しただけで十分でありました。かくして元
の假説も亦證明されたのであります。つまり彼が最初豫想した通り、物體の落下の速度は落下の
時間に比例して増加することが確實となりました。此實驗を幾回反覆しても同一の結果を得まし
たので、此結果は益々確かめられる様になつて來ました。かく漸次此歸納的推理の過程を進めて、
遂に、落體の速度は落下の時間に比例して増加するといふことが、自然界の一般法則であるとい
ふ完全なる確信が人々の間に起つたのであります。

此點に於ては總ての物理學者がガリレオの様に好運ではなかつたのであります。元の假説を直
ちに實驗にかけることが困難な場合には、それから演繹して出た結果の一つを選んで、實驗にか
ける様にしなければなりません。けれども其結果の一つを證明すれば直ちに元の假説が證明され
たことになる様な場合は屢々起るものではないのであります。若し、そうでない場合に遭遇しま
した時には、元の假説から導かれる結論で、證明を要するものは全部出さなければなりません。
そうして、それ等の結論を、なるべく多く、實驗によつて検査して見なければなりません。これ

等の結論が一つ一つ實驗と一致する結果を得る毎に、元の假説を助ける證據が漸次増加すること
になります。そうして遂には非常に其假説の確度を増加する様になりませう。

ガリレオの研究法は以上の兩者を並有するものであります。これ等の研究法によりまして彼の
時代から今日まで物理學が進歩して來たのであります。

次にガリレオの大発見でありました所の、自然に放任すれば物體は等速度で直線狀に運動する
ものである、といふ法則の影響を考へて見ませう。惑星の運行を支持する爲の渦動の存在を假定
する必要は、此法則の發見によつて失はれました。つまり、説明を要求するものは繼續運動では
ないことが明らかになりました。只惑星の場合に説明を要することは、惑星が直線運動をなさず
して、圓形又は楕圓形の軌道を畫いて、絶えず運動の方向を變化することでありました。つまり
惑星を一の中心に牽引しつゝある一種の力が働かなければならない譯です。ガリレオは此力に關
する研究を遂げずに死にました。

五 ニ ウ ト ン。

若くしてケンブリッジのトリニチー大學を卒業しましたアイザック・ニウトン (Isaac Newton)

六四二——一七四二)は、一六六五年ケンブリヂ附近を襲ふた大流行病に追はれて、故郷のリンカイン州に暫時歸省してゐました。此歸省の間に、彼はガリレオの力學の原理を、既知の天文學的事實に應用して見やうと企てました。この頃の總ての學者はトレミーの宇宙系統を信じない様になつてゐました。トレミーは希臘時代の天文學者で、地球を總ての天體の中心とし、他の天體は皆地球の周圍を廻轉するものと考へて、彼の宇宙系統を作つたのであります。

このトレミーの地球中心説を覆したのは、コペルニクス (Copernicus 一四七三——一五四三)の唱へた太陽中心説の復活によるものであります。太陽が吾々の惑星系の中心であるといふ考へは希臘時代にもあつたのですが、トレミーやアリストーテレス等の反對説の爲に數千年間屏息して居たのであります。次で、チホ・ブラーヘ (Tycho Brahe 一五四六——一六〇一)は惑星の運行に關する非常に多數の觀測を試みて、貴重な記録を集めました。ヨーン・ケプラー (John Kepler 一五七一——一六三〇)はチホの死後、その遺した材料を長年月に亘つて數學的に研究しました結果として、惑星の運行に關する三つの法則を發見しました。それは下の様なものであります。

- 一 各惑星は一の焦點に太陽を有する橢圓形の軌道を畫く。
- 二 各惑星と太陽とを連結する直線即ち動徑の單位時間に蓋ふ面積、即ち各惑星の面積速度は

常に一定である。

三 各惑星の公轉の週期の二乗は、其惑星と太陽との平均距離の三乗に正比例する。

ニウトンの研究は、ケプレルの法則に基づく所が多いのであります。最も簡単な月の運行を考へて見ますと、月の公轉の軌道は地球を中心とせる殆んど圓形の途であります。そこでニウトンは一體月がガリレオが考へた様な直線狀の途を進まないで圓形の運動をやるのは、多分林檎を地に落す力即ち吾々の熟知せる重力が、又月を地球の方向に絶へず落下せしむる原因であるかも知れないと考へたのであります。

一の中心點に向つて働く力が周圍の空間全體に作用する場合には、その力の強さは中心からの距離の二乗に逆比例すると考へるのが最も確からしい想像であります。此假説によつて、ニウトンは重力の影響が月の距離に於て、どの位になるだらうかといふことを計算しました。所が最初彼が採用した月の距離は其當時の不完全な觀測と測量とに基づいた不精確な値でありましたので、計算の結果も誤謬に陥つたのであります。彼は、月の地球に對する實際の落下が、彼の計算した結果よりも少ないといふことを發見しました。そこで彼は重力が月の公轉の原因であるといふ考を一時棄ててしまつたのであります。しかるに、それから六年後に、測地學者の實測の結果、

地球の大きさが訂正されることになりました。地球と月との距離は、地球の半径を規準として計算するものでありますから、地球の半径の値が變れば、月の距離も從て變ることになります。その新しい値を取つてニュートンが計算しました所が、地球の表面に働く重力が、月の圓運動の唯一の有効なる原因であることを確かに證明することが出來たのであります。

ニュートンの第二の大功績は、この距離の二乗に逆比例する重力の法則が、惑星の楕圓運動を説明し得ること、及び他の如何なる法則も此現象を説明し得ないことを、幾何學的に證明したことでありました。それから、物體の各質點が皆他に重力的影響を與へ得ることを假定して、彼は一球は總て其質量が中心點に集中した場合と同様に他の物體を牽引することを證明しました。此結果は實際の現象と一致しました。大體こんな順序でニュートンの萬有引力の法則の最後の形式が導き出されました。その法則は次の様なものであります。「宇宙に存在する物體の總ての質點は、總て他の質點を、それ等の間の距離の二乗に逆比例する力で引くものである。」

その後二年の間、ニュートンは此法則を前提とする種々の結論を研究する仕事に没頭して居ました。此研究に彼は必要に應じて種々の數學的研究法を發明して、これを應用しました。微分學及び積分學の發明の如きは、その著しきものであります。この研究期の終りに於て、彼は天體に

關する此學說を力學的基礎の上に樹立しました。これ等の結果は一六八七年に發行されたニュートンの大著「プリンシピア」に收められて居ますが、此著は學術の發達史上に於ける空前の大進歩を記念するものであります。

ニュートンは引力的天文學 (Gravitational Astronomy) を創始しました外に、力學をガリレオの準備しました基礎の上に確立せしめました。彼は最初に物體の質量と重量との區別を明確に説明しました。物體の質量は力學的實驗に於ける如何なる條件の下でも不易不變のものであります。けれども物體の重量は地球の引力によつて生ずるものでありますから、地球と月との中間の或點に於て、兩者の引力が相等しくして其方向が反對であれば、其點に置かれた物體の重量は全く消失するものであります。つまり物體の質量は、後に擧げましたニュートンの運動の第二の法則で決定される量でありまして、地球の引力の強さとは無關係であります。然るに物體の重量は、地球上に於ては、物體に働らく地球の引力の強さを現はす量であります。それで引力の強さが場所によつて異なる場合には、重量も異なることとなるのであります。

ニュートンは經驗及び實驗に基づく歸納推理の結果として、其當時明瞭になつた力學の諸原理を集めまして、それ等を三つの法則にまとめました。それは次に現はす様なものであります。

運動の第一法則。「總ての物體は、それに働く外力によつて其状態を變ぜしめられざる限り、静止の状態又は等速直線運動の状態を繼續するものである。」

運動の第二法則。「或物體の運動の變化の割合(加速度)は、それに働く力に正比例し、その質量に逆比例する。而してその運動の變化は力が働く直線の方向に起るものである。」

運動の第三法則。「總ての作用には、等しくして反對の方向を有する反作用が伴なふ。即ち、二物體の相互作用は常に等しくして反對の方向を有するものである。」

これ等の法則は歸納推理の過程の頂上でありまして、力學的現象の實驗的知識を簡單な形式に集めて敘述したものであります。他面に於て、これ等の法則は演繹的力學の出發點であります。即ち力學に於ては、これ等の法則を基とせる數學的推理によつて運動の理想的状態を研究し得るのであります。こんな理想的状態は實際の物理的現象の觀察によつて暗示され得るものであります。けれども實際の現象と法則から演繹して得た理想の場合との間には多少の差のあることは免れないのであります。かく吾人が數學的に檢出し得る一般に簡單な理想の場合と、吾人が研究せんと欲する實際の場合との間の一致が近ければ近い程、實際の結果と計算によつて豫想された結果とが密接に一致することが別ります。吾々の想像から現はれた數學的型式は觀測せられ得

る自然界の力學的現象を非常に精確に現はし得る様です。尤も吾々が光の速度に近い速度を有する物體を研究する様な場合になりますと、ニウトンの法則が其儘當筈まらない様なことになりませんが、それは極めて特殊の場合でありまして、普通の物體の運動の場合にはニウトンの法則は完全に事實と符合するのであります。この特殊の場合の力學は後年アインシュタインが相對性原理に於て説明し得たものでありますから、後節に於て述べることに致しませう。

六 力學の根本概念。

これから力學が吾々に顯示しました自然界の形像又は模型を少しく研究して見ませう。

如何なる運動を注意しましても、吾々は必ず二つの重要な知覺を意識します。それは空間知覺と時間知覺であります。運動せる物體は一定の長さ(Length)の途を畫きます。又その爲に一定の時間(Time)を要します。吾々の精神は此時間を意識内容の系列によつて測るものであります。そこで直接の空間知覺及び時間知覺に相當せる、長さ^oと時間^oとが精神の根本概念となるのであります。

これ等の根本概念から他の概念が導かれます。運動せる物體の速度(Velocity)は一定の時間^o

運動せる長さによつて測られます。今英語の頭文字を符號としますれば、 V は速度を、 L は長さを、 T は時間を現はすことになります。そうしますと以上三者の関係は次の式で現はされます。

$$V = \frac{L}{T}$$

それから、若し速度が各瞬間毎に變化する場合には、その單位時間の變化が、速度變化の割合を示すことになります。即ち、これが運動せる物體の加速度 (Acceleration) であります。今加速度を a で現はしますと、下の關係が成立つことになります。

$$a = \frac{V}{T} = \frac{L}{T^2}$$

これは加速度を、吾々の根本概念たる長さと同時間とで現したものであります。

こんな純粹の概念的關係と實驗的の種々の量と比較したり、又これ等を實際の測定に應用したりする爲に、單位 (Unit) が必要になります。長さの單位の源は人體の各部の平均の長さから起つたものです。一ヤードは一方の手を伸ばした長さで便利なものであります。又一呎は人の足の長さから來たものです。しかし精密に測定する必要がある様になりますと、一般に通ずる單

位の力學的模型が造らるゝことになりました。そこで、正規の一ヤードは規準となる棒即ち原器上に刻せる二つの印の間の長さとなり、呎はその長さの三分の一となりました。フランスの單位はフランス革命時代の獨斷的科學に基づいて作られたものでありまして、地球の大きさを規準に取つたことになつて居ます。つまり地球の象限 (周圍の長さの四分の一) の一千万分の一を一メートルと定めたのであります。所が其後地球の大きさを再び精密に測定しました結果、前の値は明かに誤謬であることが別りました。それで、只今の正規の一メートルは地球の大きさと關係のないもので、一の標準の棒に刻せる二個の細線間の距離となつたのであります。

時の觀念は人類の意識に基づくものであります。しかし、かくの如き主觀的の時間は各人の間に差があります。又一人の人でも其生涯中の種々の時期に於て差があり得るものであります。そこで客觀的の精確を要する場合の實用的標準として昔から天文學的現象の週期性が利用されて居ました。一日又は一年は斯の如き基本單位として採用せられ得るものであります。又實際科學的單位となつて居る一秒は一日の分數として定義されます。

長さと同時間の基本單位と、速度及び加速度の誘導單位とがありますれば、如何なる運動體系でも記述することが出來ます。即ち以上の四項を用ゐまして、多數の運動體よりなる或體系の或瞬

間の配置の状態を明記し、又その變化の状態を明記することが出来るのであります。しかし完全な力學を作る爲には更に他の概念が必要となります。

吾々の視覚は吾々に運動の觀念を與へることが出来ます。しかし相互の運動の爲に、外物が吾々の身體と接觸する場合には吾々の觸覚は、力 (Force) といふ新知覺を感受します。それから吾々は筋覺によつて大略の力の強さを知ることが出来ます。

この力を第三の基本單位として力學の體系を作ること出来なことはありません。しかし便宜上他の方法が、もつと適當であります。質量の概念は、意識の中では力の概念から誘導せられたものと考へられますけれども、實用的力學に於ては力よりも適當な基礎となります。それは如何なる物體の質量も、種々の變化を通じて一定不變であると想像し得る爲であります。

今二個の物體を、その重量が關係しない様な方法で支へるとしませう。例へば平滑なる氷面上に二個の大石を置いてよいです。此場合には石と氷との間に殆んど摩擦がありません。それで石を水平に運動せしむる時には、その運動の方向が地球の重力の方向と垂直でありますから、重力と水平運動とは全く無關係となります。この二大石が同質のもので、只大きさだけ異なる場合には、これ等に等しき運動を起さしめる爲には、異なる力を別々に與ふるか又は等しき力を異なる

時間だけ働かせる必要があります。つまり大きな石には大なる力を與へ、小さな石には小なる力を與ふる時に兩者に等しき速度を與へることが出来ます。或は大きな石には長い時間だけ或一定の力を與へ、小さな石には短かい時間だけ同じ力を與へると兩者に等しい運動をなさしむることが出来ます。一つは鐵で造り、一つは木で造つた同じ大きさの二つのハヅミ車に就て試みても同じ結果が得られます。鐵のハヅミ車は廻轉運動を起す爲に木の車より多くの力を要しますが、一旦運動し始めると、それを止める爲にも木の車より多くの力を要します。

吾々は以上の事實を下の様に敘述します。大石の質量は小石の質量に比して、それ等に同じ加速度を生ずるに要する力に比例して大であり、又鐵の車の質量は同様に木の車の質量よりも大であります。即ち同じ加速度を生ずるに要する力が大である程、質量が大であると考へるのであります。つまり或物體の質量の概念は、それに一定の加速度を生ずるに要する力を基として考へられるものであります。

これ等の關係中には重量の概念が包含されてゐないことは明らかであります。そこで或物體の重量が、前に定めた其質量と或簡單なる關係を有することを豫想すべき理由は全くありません。若し質量と重量との間に何等かの關係があるとしたますれば、其關係を研究するには實驗に依らな

ければなりません。しかしニュートンが質量の概念を確平たる基礎の上に置いた時よりも前に、既にガリレオが以上の関係を研究するに必要な実験を成遂けてゐたのです。物体は、重くても軽くても、同じ速さで地面に向つて落下しますから、それ等の加速度は同一であります。そこで此場合に物体に働く地球の重力、即ち、その物体の重量は、常に其力が動かさんとする物体の質量に比例することが解ります。

かくの如く物体の質量は其重量に比例するものでありますから、數個の物体の質量を精確に容易に比較するには、秤を用ゐて其重量を量る普通の方法を利用すればよいのであります。

質量の單位は長さの單位と同様に、一の規準によつて定められます。英國には規準となるポンド原器があり、佛國には^{キログラム}原器があります。その他のポンドや^{キログラム}の分銅は、これ等の原器と比較して同様に作る事になつてゐます。

質量(Mass)の單位Mと、長さ及び時間の單位を集めると、ニュートン力學の完全なる基礎體系が出来ます。この三つの基本單位から、總て他の力學的單位が誘導せられ得るものであります。

例へば力は、前に述べました様に一の直接感覺であります。それで基礎的の物理的概念となし得るものであります。しかし實際の物理學に於ては、質量の單位から誘導せられた一單位として

取扱はれます。質量は、理論的には力から誘導されたものでありますけれども、力よりも基本的のものとして取扱ふのが便宜であることは前に述べた通りであります。一の物体の質量は一定の加速度を生ずるに要する力によつて定められます。そこで力は、その働く物体の質量と加速度との積によつて測定せられます。これを式で現はしますと、

$$F = Ma.$$

となります。

次に、仕事或はエネルギーは、力と、その力がその着力点を動かした距離との積であると定義されます。そこで基本單位を用ゐて現はしますと、次の様になります。

$$\text{エネルギー} = FL$$

$$= MaL.$$

$$(F = Ma. \text{ なる故})$$

$$= \frac{ML^2}{T^2}. \quad (a = \frac{L}{T^2} \text{ なる故})$$

この式でFは力^を現はし、Lは動いた距離即ち長さを現はします。それを括弧の中に記した、以前に説明しました關係を代入すれば最後の結果を得ます。

近年に至りまして、運動せる電氣を帯びたる物體の速度が光の速度に接近するにつれてその有效質量が増加することが證明されました迄は、ニュートンの力學體系は絶對の勢力を保持して居ました。しかし最近の研究の結果如何に關はらず、吾人が力學的實驗をなし得べき總ての速度の範圍内では、ニュートン力學の結果は實際の觀察と一致するものであります。

質量の概念はニュートンによつて始めて明らかに定められました。物質に關する問題は少くとも古代希臘の哲學者以來のものであります。而して物質の最も特徴ある性質は、その質量であります。かく此問題が數千年間の宿題であつた影響は、ニュートンの此問題の取扱ひ振りに就て考へても明瞭であります。彼は質量を力を用ゐて定義しないで「物體に含まれたる物質の分量」と定義しました。そして力を誘導單位として取扱ひました。しかし實際、物體はその質量といふ性質によつて最もその本性を吾々に明らかに示します。けれども歴史的に考へますと物質其物が質量よりも普通の觀念の様に見えます。だからニュートンは、質量に依つて物質の分量が定まるものであるのに、逆に、物質の分量が質量だと説明したのであります。

昔の希臘人の間にも物質の本性に關する二種の見解が行はれて居ました。一つの學說によりますと、物質は連続的のもので、無限に同様なる部分に分ち得るものと考へられました。例へば、

水は如何に細かく分別しましても、矢張り水であるといふ考であります。しかしレウシプス (Leucippus) とデモクリッス (Democritus) は、それに反對の意見を主張して居ます。彼等は、物體を漸次分けて行くと、或時期に達すれば最早分けることが出来ない様になると考へました。その分離すべからざる究竟的の質點は原子であつて、それ以上分離せられないものと假定せられました。此原子說によりますと、種々の物質の特性の異なる理由は、同一の根本性質を有する質點即ち原子の大きさ、構造及び排列の差に基づくものであります。

しかし此想像説は餘り時世に先んじて居りました。そこで此説を證するに足る事實も實驗も其當時は提出されなかつたのであります。そこで此學說がアリストテレスの論理的豫想に基づいて批判せられました時に、證據がない爲に廢棄せられました。中世紀に至りまして、ローマの詩人ルクレチウス (Lucretius) によつて同様な考が復活せられました。けれどもアリストテレスの影響は甚強大でありまして、その思想は依然として暗黒時代及び中世紀の後半を支配する唯一の思想となつて居りました。

七 化學の發生。

ガリレオの實驗で吾々は、本質的に軽い物體即ち常に遅く落ちる物體の概念を力學から驅逐することが出来ました。しかし、焰の現象を誤解しました爲に、化學者はやはり燃焼を燃素 (Phlogiston) といふ一種の物質の消失することと解釋してゐました。所が物體は燃焼の結果として重量の増加を生ずることが多いですから、燃素はアリストートルスの所謂、負の重量を有するものでなければなりません。しかし十八世紀の終頃に數多の新しい瓦斯の發見及び研究によりまして以上の見解は全く變更されました。或物體の燃焼は空氣中に含まれてゐる瓦斯の一たる酸素と其物體との化合の現象として認められる様になりました。そうして燃素といふ語は科學の語彙の中から抹殺されました。

其頃は化學的變化といふものは、總て本質的には同じ性質を有する物質の間に起るものと考へられてゐました。所が化合の現象を詳細に研究しますと、化合物は常にそれを構成せる元素の同じ一定の割合を含むことが明らかになりました。然るに若し二つの元素が一個以上の異なる化合物を造る場合には、それ等の化合物中に含まるゝ各元素の分量は簡單なる比をなすものであることも明らかにになりました。

一八〇八年に、ジョン・ダルトン (John Dalton 一七六六—一八四四) は、以上の關係が古代の

原子説の復活によつて最よく説明が出来ると考へました。つまり彼は或元素の化合量、(即ち其元素の化合物の一定量中に含まれる其元素の量が、元素の原子の重量即ち原子量に比例するものと認めました。其後更に種々の氣體の化合の法則を研究しました結果として、化合作用を起す最小の質點なる化學的原子の概念が漸次明白になりました。それから、自由の状態に於て存在し得べき最小の質點たる物理學的分子の概念と原子の概念との區別も明瞭になりました。以上の形式による學説は正確なる實驗の證明に基づくものであります。古代希臘の様に、物質の本性に關する想像的哲學的見解に基づくものではありません。

化學は中世紀にありました鍊金術の直接の系統から生れたものであります。鍊金術は種々の卑金屬を金に變化せしむることを研究し、又生命の精髓即ち不老不死の藥を調劑しやうと苦心したものであります。これ等は孰れも不成功に終わりましたが、其研究の間に餘り有害でない多くの物質を發見しました。次で氣體の特性の研究とダルトンの原子説の採用によりまして化學は現代的基礎の上に確立しました。化學の概念は科學の他の總ての分科に影響することになり、又分子物理學 (Molecular Physics) の巨大なる建築の基礎となりました。

八 エネルギーの概念。

分子物理学の最初の發達の一方面は、ジュール (J. P. Joule 一八一八——一八八九) の功績であります。彼は一八四〇年から一八五〇年までの間に熱の本性に關する學説を革新しました。ボイル (Boyle 一六一七——一六九一)、ニュートン其他二三の鋭敏な思索家等は、前から、熱は物體の究竟的質點の激動に依るものであらうといふ意見を持ててきました。けれども彼等は現在吾々の考へてゐる様なエネルギーの概念を有しなかつたのであります。そこで斯の如き學説も、熱を種々の物理的變化の系列を通じて一定なる量即ち一種のエネルギーとして測定する爲に、何等の基礎をも供することが出来なかつたのであります。つまり後世の知識と殆んど一致する學説は、其當時には、餘り進歩し過ぎた爲に、役に立たなかつたのです。そうして有效なる科學の進歩は、後世に於て棄却せられた古い學説の指導の下になされました。こういう事は科學史上に屢々現るゝものであります。

ブラツク (Black 一七二八——一七九九) が比熱及び潜熱の現象を發見しました時に、彼は熱の本性が、重さのない、見ることも出来ない流體であるといふ假説、即ち前の分子の振動説に對

抗する學説が、實際によく適合すると考へました。異なる物質の一定量を一定の温度だけ高めるには、各々異なる熱量を要するのですが、今水を標準として各物質の要する熱量との比を取りまして、それを各物質の比熱と名づけます。又固體を熔融し、液體を蒸發せしむる時に、單に其状態を變化する爲に必要であつて、温度の昇降に關係なき熱量を其場合の潜熱と名づけるのであります。これを分けて申しますと融解の時の潜熱を融解熱、蒸發の際の潜熱を氣化熱と名づけます。

以上の思想は直ちに、熱は一定の測定し得べき量であるといふ考を起させました。それによつて、熱の測定をなす熱量學 (Calorimetry) の基礎が出来たのであります。

けれども種々の現象を観察しました結果は、熱の本性の他の見解、即ち熱が分子の振動の結果として生ずるものであるといふ學説に有利なる證據が速かに集められました。そうして其結果は廣い範圍の現象と連關するものであります。ラムフォード伯 (Count Rumford 一七五三——一八一四) は大砲の穿孔の際、摩擦によつて無制限に熱量を生じ得ることを證しました。又ハンフリー・デーヴィー卿 (Sir Humphry Davy 一七七八——一八二九) は真空内に於て氷の二片を摩擦することによつて、いくらでも熱を生じ得ることを示しました。これ等の生ずる熱量は大抵、なされたる仕事に比例することが別りました。

それでも熱の流體説は一部の學者によつて固執されてゐました。所がジュールが仕事の一定量による摩擦の爲に生ずる熱量を精密に測定して、其間の關係を明かにしましたので、流體説は一般に廢棄されることになりました。ジュールは同一量の仕事は常に正確に同一量の熱を生ずることを發見しました。その仕事は機械的のものでも電氣的のものでも同様であります。又仕事の形式や遅速等にも無關係であります。つまりジュールの得た結論は「熱と仕事とは同等のものであつて相互に變換し得るものである」といふことであります。

此結果として、力の相互關係から漸次明瞭になりつゝあつたエネルギーの理論を明確に構成し得ることになりました。エネルギーはジュールの實驗によつて精確なる概念を得たのであります。即ち、エネルギーは仕事をなし得る能力でありまして、それを測定するにはエネルギーのなし得た仕事の量によるものであります。それから、ジュールの實驗に於て、熱をエネルギーの一形式と考へますと、全體のエネルギーの量は一定になります。つまり仕事に於て失はれたエネルギーの量が熱となつて得られたことになります。

それで、此場合に「エネルギー不滅」の明白なる實驗的證明が一つ出來たのであります。總ての實驗の場合に、こんな精確な證明を與へることは出來ませんけれども、總ての物理的及び化

學的變化に於て同様な證據は多く集積されて甚強力のものとなつたのであります。そこで吾々はある物理化學的變化を通じて分量の變らない一の量を想像し得るのであります。その量は摩擦又は其他の方法によつて熱の相當量に變化せしめ得るものであります。それで、これ等の量は前に定義したエネルギーの中に含まるべきものであります。其中に機械力の外に光、音、磁氣、電氣、化學的エネルギー等を擧げることが出來ます。

前に述べました通り、質量は普通速度では常に一定であり、又エネルギーは吾々の知れる總ての條件の下に於て常に不滅であります。けれども他の量は只制限されたる條件の下に於てのみ不滅であります。例へば、純粹のニュートン力學に於て、吾人は運動量が一定の條件の下に不滅であることを發見します。それから熱力學に於て可逆的變化と稱せらるる特殊の變化に於て、エントロピー (Entropy) と名づくる量が不滅であることが認められました。エントロピーといふのは或體系内のエネルギー分配の状態に關する量でありまして、それが増加するといふのは其體系が更に安定なるエネルギー分配の状態に變化することを意味します。可逆的變化に於ては、其體系内のエネルギーの分配の形式が變化しないので、エントロピーは一定であります。けれども、こんな變化は極限の場合で非常に特殊なものであります。一般の變化に於てはエントロピーは常に

増加し、體系は漸次安定に近づくものであります。

つまり運動量も、エントロピーも一般の物理的及び化學的變化に於て不變なものではありません。それで、これ等と同様に、ある場合に一定な量がありましても、餘程注意して各種の場合を實驗して見る必要があります。エネルギーは現在の科學に於て知り得る總ての條件に於て一定不變のものでありますが、現代の科學によつて吾々は宇宙の隅々まで總ての可能な條件を研究し盡したと確信することは出来ませんから、幾分の疑問の餘地がないことはありません。

機械的の仕事は摩擦により、電氣エネルギーは電流の抵抗によつて完全に熱に變形することが出来ます。しかし以上の反對の變化、即ち熱を機械的の仕事又は電氣に變形することは、極めて特殊の場合に於てのみ完成し得るものであります。斯の如き制限された變化が常に可能である様な條件が、熱機關の理論に非常に重要なものであります。それからこの條件は、熱力學(thermodynamics)と云ふ物理學の一分科の主要なる研究問題となつてゐます。

總ての熱機關は熱體即ち發熱の根源と、冷體即ち凝結器とを備へなければなりません。この熱源と凝結器との温度の差が大である程、熱の仕事に對する變換も益々完全になり、従て機關の効率も益増大することになります。この變化は二者の温度の比が無限度である時にのみ完全であり

得るものであります。その爲には、凝結器の温度が零でなければなりません。この零は、水銀の様な特殊の測熱體の特性によつて定まるものではありません。つまり氷點を零度とするとか、氷と鹽との混合寒劑の温度を零度とするとかいふ様に特殊の便宜に基づくものではありません。總ての氣體が凝結しなければならぬ温度、即ち眞の絶對零度でなければなりません。この絶對零度の概念は、氣體の體積と壓力と温度との關係から理論的に定められるもので、攝氏の零下二百七十三度が、その温度に相當します。實驗上では種々の氣體を順々に液化することによつて漸次この絶對零度に近い温度に接近することが出来ます。液化ヘリウムの沸騰によつて得られる最低温度は攝氏零下二百六十九度であります。

九 光に關する學說

熱學の發達は以上に述べた通りであります。それと同時に、熱に密接な關係を有する光に關する研究も非常な進歩を遂げました。白光が實際は複雑なる色の光の集合であることを十分に説明し得た最初の人はニュートンでありました。彼はプリズムを用ゐて、白色光を完全に其成分たる色光に分解することが出来ました。ニュートンは、空間が稀薄なる媒質即ちエーテルで充滿せるも

のと想像することの必要を感じてみました。けれども其當時知られてゐました波動説の執れを用ゐましても、光が光線となつて、直線狀に傳播することを説明するに困難を感じました。そこで彼は光の波動説を棄てました。そうして、光は發光體から巨大なる速度を以て射出されたる微小なる質點即ち微粒子の流れから成立するものであると想像する様になつたのであります。

所が純粹の波動説は其頃既にフイゲンス (Huygens 一六一九——一六九五) によつて發表されてゐたのであります。けれども其後一世紀を経ましてから、ヤング (Young 一七七三——一八二九) 及びフレネル (Fresnel 一七八八——一八二七) が波動説を更に發展せしめざるまでは、一般の學者の承認を得ることが出来なかつたのであります。この二人の學者の研究によつて、新波動説は、其當時知られた光に關する總ての現象を十分に説明することが出来ました。特に二光線の干涉によつて色縞を生ずる現象は、波動説によつてのみ説明が出来るもので、ニュートンの射出體説では説明の出来ない現象でありました。

二つの光波が重なり合ふ場合に、若し二波の山と山と一致し、谷と谷と一致する時には、其連合作用は個々の波の作用の和となるでせう。けれども一の波の山と、他の波の谷とか一致する時には、それ等の作用は反對となつて、互に相殺する様になります。そこで二束の白光が相合ふと

き、その内の或成分即ち或色光が互に消し合ふときは、その残りの色光の綜合的結果として色が現はれる様になります。これが光の干涉と呼ばれる現象であります。

次に光波の波長が遮蔽物の長さや、光を通過する間隙の幅などに比較して非常に小なる場合を考へて見ませう。この場合には光は直線狀に進行するものであります。その事實は、前項の場合と同様に、波頭の全部に亘る光の干涉によつて説明することが出来ます。即ち前進光線を形成する小部分の外、他の部分は干涉によつて波が全く消失する様になります。

以上の説明で光の波動説の主要なる困難は除去せられました。次に發見されたのは偏光の現象でありました。光が氷晶石の様な結晶體を通過する場合には、二重の屈折をなすものであります。その各屈折光線は通常の光線と異なるもので、光波の振動の方向が或一平面のみに偏するものであることが明らかになりました。この偏光の現象の研究から、光波の振動の方向は、光の傳播の方向と直角をなさなければならぬことが證明せられました。つまり、この觀測によりまして、光が横波であることが明らかになりました。若し、空間を充滿する假想的エーテルが光波を傳播する媒質として考へなければならぬとしますれば、横波を傳へる特質が其屬性の一つとならなければなりません。

日光が硝子プリズムを通過しますと、光の色帯即ちスペクトルを生ずるものであります。日光スペクトルには色帯を横ぎる黒線があります。波動説によりまして直接に黒線の生ずる理由の説明が出来ることになりました。黒線の理論を最初に発表したのは、ジョージ・ストークス卿 (Sir George Stokes 一八一九—一九〇三) でありました。けれども其説は一般に行なはれなかつたですが、後に獨逸の化學者ブンゼン (Bunsen 一八一—一八九八) 及びキルヒホッフ (Kirchhoff 一八二四—一八八七) が其説を採用して、實驗によつて完全に立證しました爲に、總ての人が承認する様になりました。

プランコを廣く動かすには、その自然の振動週期と一致せる時間に弱い衝動を數回連続して與へれば十分であります。それと同様に任意の力學體系は、それ自身の振動の週期と同一の週期を有するエネルギーを吸収するものであります。太陽の外面を被包せる氣體の分子は、内部の高熱部から放射する光のエネルギーの中で、その光波の振動週期が氣體分子の振動週期と一致するものゝエネルギーを吸収するものであります。そこで太陽の外部の氣層を通過して外方に出づる光は、特殊の成分を吸収によつて奪はれることとなります。即ち、特殊の色線が消失します。そして此消失部に於て、太陽スペクトルに黒線が顯はれることとなります。

ブンゼンとキルヒホッフは實驗室内で、太陽の表面と同様な條件を再現しました。彼等は電氣の弧燈の強大なる白光を、アルコール燈の比較的低温度の火焰中にて蒸發せしめたナトリウムの蒸氣を通過せしめまして、その通過光のスペクトル中にナトリウムによつて生じた、特殊の黒い吸収線を見出しました。

この発見によつて、太陽及び恒星の化學的組成に關する全く新しい知識の廣野が吾人の眼前に展開せられました。その結果、遼遠なる空間の彼方にも、地球上に存在せる普通の元素と同じものが現存せることの證據が明らかになつたのであります。

それから或蒸氣が、それに特有なる吸収線をスペクトル中に現はすことが判りますと、反對に或物體のスペクトル中に同じ吸収線があれば、其物體はその吸収線に相當する元素を含むこととなります。かくして、スペクトル中の吸収線を分析して、それに相當する元素を発見する方法をスペクトル分析と名づけます。此方法によりまして、地球上でも又太陽の中でも新しい元素を直ぐに発見しました。地球上ではブンゼンが、稀アルカリ金屬に屬する、ルビヂウム及びセシウムを、その特殊のスペクトル線によつて分離して発見しました。又太陽スペクトルの黄線部に強い線を現はす未知の新元素に、ヘリウムなる名稱が附せられました。所が其後ラムゼーがクレフエル

トの様な特殊の礦物を熱して發する氣體中に、同じスペクトルを生ずる瓦斯を發見して、ヘリウムの性質を確定することが出来ました。

しかし、スペクトル線による研究法は、天體の化學的性質を明瞭にした許りでなく、更に重大なる結果を生みました。光源即ち發光體と觀測者とが互に接近しつゝある時には、相對的に靜止してゐる時よりも、一秒間に眼に到着する光波の數が多いことになり、光波の數が多いといふのは、つまり波長が短くなるといふことであります。プリズムの屈折率は波長が短くなる程大となります。そこで接近しつゝある發光體のスペクトル全體が重色の方に移動することゝなり、その中の單色光線の色と、そのスペクトル中の位置は僅かに偏倚することになります。恒星のスペクトル中の既知の黒線の偏倚は一般に極めて僅かであり、その寫眞を撮つて、顯微鏡で測定するのであります。その結果として、恒星の視線の方向に於ける接近又は離隔の相對速度を知ることが出来ます。發光體が離隔しつゝある時は、その光波の波長が長くなりますから、前と反對の結果が生ずることになります。この様な結果は、從來は到底知ることが出来ないと考へられた事柄でありました。

十 電氣學の發達

第十九世紀に於て、物理學の各分科中で、最も發達の著しかつたのは、電氣學の範圍であります。此世紀の初めに、イタリア人ヴォルタ (Volta 一七四五——一八二七) は電池を發明しました。彼の電池は稀硫酸の中に銅板と亜鉛板を立てたものでありましたが、又布片を稀硫酸に浸して銅板と亜鉛板の間に挟んだ電堆も造りました。電池は從來の遊離電氣の代りに一定の電流を生ずるもので、實驗者にとつて大變便利なものであります。

その後、直ちに電流が磁力を生ずることが發見せられました。その作用を利用して電流計が發明せられました。電流計には磁針がありまして、それが電流の生ずる磁力の作用を受けて方向を變ずる様になつてゐます。かくして電流は、その強さを測定し得る様になりました。電流を利用した最初の有効なる器械は電信装置でありました。

次にファラデー (Faraday 一七九一——一八六七) は以上の發見を補足する大發見を成遂げました。彼は磁石の運動によつて、その附近にある針金の輪道に、瞬間的の電流を生ずることを發見したのであります。この電流は所謂感應電流でありまして、弱いのと一時的である爲とで、

彼の作つた精巧な電流計に漸やく感じ得る程度のものでありました。所が此感應電流が十九世紀の後半期の電磁機械の驚くべき發達の基となつたのであります。

ファラデーは速隔作用即ち中間に媒質なくして力が傳達せらるゝといふ考へに反對して居りました。そこで彼の研究は此點から重に出發して居ます。彼は感應電流の發見後着ちに電力の傳播すべき絶縁媒質の特性の研究に移つたのであります。空氣や硝子の様な絶縁體は電氣そのものを通じませんけれども、それを隔てた導體に電氣感應を起させることが出來ます。つまり絶縁體を通じて電力が働いたことになりす。それで絶縁體は電力の媒質と考へなければなりません。ファラデーは斯の如き媒質の特性を研究しました。

次でクラーク・マクスヘル (Clerk Maxwell 一八三一——一八七九) はファラデーの考へを、數學的形式を以て説明し且つ擴張しました。そうして電氣作用を説明するに必要な媒質の特性は、光の傳播を説明するに必要な媒質の特性と全く同一であることを證明しました。即ち光の傳播がエーテルなる媒質の假定を導きましたが、その同じエーテルが電力の傳播をなすに當であることが證せられたのであります。

そこで光は電磁波の一列であると認めることが出來る様になりました。マクスヘルの研究によりますと、光波も電磁波も同一なる媒質即ちエーテル中の波動であつて、其速度も全く等しいものであります。只異なる點は、波長を比較すると光波の方が著しく短かいだけでありました。それで光と電磁波の一種と認めることは何等の不都合もないのであります。マクスヘルは電磁波の理論を數學的に發展せしめたのみでありましたが、それから約二十年後に、獨逸のヘルツ (Hertz 一八五九——一八九四) が、感應コイルを用ゐて、純粹の電氣的方法によつて、電磁振動を起し、長い波長の電波を生ずることに成功しました。彼は簡單なる驗波器を用ゐて、電波の存在を證明し、その特性を研究しましたので、マクスヘルの理論は著しく強められることになりました。其後イタリーのマルコニは此装置に種々の改良を行ひまして、無線電信として使用し得る様に致しました。

電流の影響は種々ありますが、まづ最初に研究されたのは、その化學的效果であります。これは後年に於て、氣體を通ずる電氣の傳導の研究を導きまして、現代の物理學の最も顯著なる勝利を促したものであります。

鹽類の溶液中に金屬製の電極を挿入しまして、その間に電流を通じますと、鹽類は化學的に分解せられます。分解の結果として生じたる物質は、電極の所だけに析出せられまして、溶液その

ものは漸次稀薄にはなりますが、性質は變りません。此事實を説明するには、鹽類を構成する二つの成分が反対な性質を有して、反対な電極に近づく運動をなすと假定する必要があります。かくの如く運動する部分はイオン (Ion) と呼ばれます。これは旅行者といふ意味です。溶液の傳導度から、このイオンが液中を運動する相對速度を計算することが出来ます。この計算した速度が實際と一致することは、有色のイオンの運動を測ることによつて、實驗的に決定せられました。

瑞典の物理學者アレニウス (Arrhenius) は、化合物の溶液の電導度と化學的活動力との間に密接なる關係があることを發見しました。それで、大抵の場合には、電氣的に有効なる性質を有するイオンが、他面に於て化學的活動力の要因であることが明らかになりました。此發見は、電力と化學的親和力との間の、昔から親密な關係があるだらうと疑はれて居た點を明らかにしたもので、化學的親和力も畢竟電力の一表現に過ぎないことが明瞭になりました。これが理論化學の大發達を促がす原因となりました。殊に最近のイオン假説の發展は、著しく此方面に刺激を與へたのであります。

電氣の帯びたるイオンの概念は、前に述べました通り、之は化合物の溶液の電氣的性質の研究から得られたものであります。それを相類似せる現象、即ち氣體を通じて電氣の傳導する現象即ち放電の説明に應用して、又著しき成功を收め得たのであります。

金屬の電極を封入せる硝子管に空氣又は他の氣體を入れました。その管と排氣器と連結して中の氣體を徐々に排除する様にします。電極と感應コイルの兩極に連結して、電流を通じますと管内の氣體が稀薄でない間は、電極間の放電は起りません。けれども漸次管内の氣體を排除しますと美しい放電を生ずる様になります。實際の放電の火花は管の全部に擴がる光束となりまして、陽極に連なりませんが、陰極に近い所では、その光束は消えて、狭い暗黒な空間を残します。氣體を益々排除しますと、此暗黒なる空間は漸次増加して、遂には管全體が暗黒となります。その時に陰極に對する管壁が輝く綠色の螢光を生ずる様になります。これは陰極から放射する肉眼に見えない一種の線、即ち陰極線が管壁に衝突して螢光を生ずるものであります。この陰極線の當る部分から、更に他の不可視線が放散せられます。これはレントゲン (Röntgen) が一八九五年に發見しました、有名な X 線であります。X 線は現今外科術等に應用せられて、著しい成功を收めてゐます。

陰極線は陰極から射出されたる微小なる質點の流れであつて、それが硝子壁に衝突して、その分子の振動を起して、螢光を生ずるものと説明が出来ます。この微小なる質點は、磁力でも電

力でも働かせれば、その進行の方向を變化せしむることが出來ます。それで、この微粒子は電氣を帯びてゐなければなりません。それから、その進行の方向の變化から考へますと、それは陰電氣を帯びてゐなければならぬことが解りました。色々研究されました結果、陰極線を構成せる微粒子の一つ一つが有する電氣量は、液體中のイオンが有する電量と等しいことが明らかになりました。そこで、電磁力による陰極線の方向の變化を精密に測定しました結果、トムソン卿 (Dr. J. J. Thomson) は、この微粒子の質量及び速度を計算することが出來ました。

此方法で、トムソンは重大なる發見を遂げました。彼の研究によると、管内に残留せる氣體が何であつても、又電極を組成せる金屬が何であつても、陰極線微粒子の質量は常に同一でありまして、化學者の知れる最輕氣體即ち水素の原子の質量の約千八百分の一に等しいものであります。これが物質の終局要素と考へらるゝ所謂電子であります。この起原子的微粒子の發見によりまして、總ての種類 of 物質に共通なる基礎物質に關する古い概念が遂に實驗的證據を得たことになりました。

陰極線と反對に、陽極から放射せらるる、陽電氣を帯びた線があります。これは陰極線の様に原子よりも遙に小なる質點の集合ではありません。此線は重に硝子管中に残つた氣體から成立せ

る、陽電氣を帯びたる原子又は分子の流れであります。それで磁力又は電力に感じて、其方向の偏倚を起します。此偏倚を測りまして、陽電氣を帯びたる粒子の原子量を測ることが出來ます。その結果を化學的要素の分子又は原子と比較して、此線を組成せる物質を知ることが出來ます。

十一 放射能の研究

或る物質、例へばシヤン化白金バリウムの様なものにレントゲン線を放射せしめると、一種の螢光を發するものであります。此性質によつて、螢光を發する物質それ自身が、他の刺激がなくても一種の放射線を射出する性質を有するかも知れないと想像することも出來ます。ベクレル (Bequerel) は斯の如き効果を研究しましたが、遂にウラニウムの鹽類が、自發的に、レントゲン線に類似せる線を放射することを發見しました。しかし此効果と螢光の現象とは別に關係がないことも解りました。

キユーリー (Curie) 及び同夫人は、ウラニウムの或鹽物が、其中に含有せらるゝウラニウムが放射すべき分量よりも強い放射線を發することを觀察しました。その原因を研究して、彼等は漸次非常に強い放射能を發する鹽類を分離し得ました。そうして、その鹽を構成せる金屬元素に

ラヂウムなる名稱を與へました。斯の如き放射線を發する性質を放射能と名付けます。

ラヂウムは從來發見せられた放射性物質の中で最も強力なものであります。これ等のものは少くとも三種の放射線を出します。それは通常、ギリシヤ文字の α 、 β 、 γ を用ひて區別して居ます。 α 線は容易に障礙物によつて吸收せらるゝものであります。此線は強い磁力又は電力によつて、少しく其進路を曲げ得るものであります。それによつて、此線がヘリウム原子の質量を有する、陽電氣を帯びたる質點から成立つことが證せられました。

β 線は α 線に比べると物質を透過する力が強いものであります。これは容易に、電力又は磁力によつて、其進路を曲げられます。その結果陰極線の流れと全く同じ性質を有することが證せられました。つまり β 線はトムソンの發見した陰極線の微粒子と同様なる、陰電氣を帯びたる放射體であります。只二者の異なる所は、 β 線は非常に大なる速度を有することであり、時には五パーセント以内に光の速度に接近するものであります。それから、 γ 線はレントゲン線と同性質のものでよく類似して居ます。つまり、 γ 線は α 線や β 線と違つて、微粒子の流れではなく、一種の波長の短かい電磁波であります。

放射能には常に化學的變化が供なひます。その變化の状態から考へますと、放射能は外部の作

用によつて起るものではなく、それ自身の内的作用によつて、質點が壊散する性質のものであることが解ります。其際遊離するエネルギーの量は、普通の化學作用に關聯して生ずるエネルギーに比較して、非常なる多量に達します。ラサフォード (Rutherford) 及びソッヂー (Soddy) は、これ等の現象を精密に研究して、現今一般に採用されてゐる、放射能の學説を發表しました。即ち、放射能は個々の化學的原子の爆發的壊散によるものであつて、原子と同じ大きさのもの及び原子より著しく小なる放射物が射出せられて、遂に簡單なる原子が殘滓として殘る様になるものであります。つまり、放射能を有する元素は比較的不安定なものでありまして、その一部分の壊散によりまして、漸次安定の状態に移り行き、遂に全く安定となれば、放射能がなくなるものであります。

放射線は孰れも皆、その通過する氣體を、電氣の導體に變ぜしむる力を持つて居ます。放射線が、その進路に於て氣體の分子に衝突する時は、その分子は氣體のイオンに變化します。この効果は放射能の存在及び強さを研究するに最も有力なる手掛りとなるものであります。斯の如き電氣作用を検出する方法は非常に鋭敏になりました。ラサフォード及びヘルソンは放射性原子の壊散によつて射出される α 線の粒子一つ一つの効果を測定することが出來ました。これは α 線粒子

の効果が電流計の磁針に及ぶ様に工夫したものであります。又硝子管中に水蒸氣を飽和せしめまして、 α 線を其中に射出しますと、 α 粒子の周圍に微少な水滴が雲狀に集まりますから、その運動が肉眼で見える様になります。斯の如き驚くべき方法によりまして、物體の原子構造の結果が、吾人の眼に明らかに現はれる様になりました。

十二 原子の構造

陰極線を構成する微粒子、及び放射能に供ふ β 線の質點は、一面から考へますと、物質の原子を更に分解して得た終局的物質と認むることが出来ます。然し他の方面から考へますと、これ等は又陰電氣の究竟的單位であります。一つの微粒子を餘計に持てゐる原子は、陰電氣を帯びたる原子となります。然るに、ある原子に含まる、微粒子の数が、正常なる數より少ない場合には、その原子は陽電氣の性を現はすものであります。

しかし茲で吾々は更に他の方面から此問題を研究する必要があります。光が一種の電磁波であるとしませば、それは電氣の振動に基づくものでなければなりません。ローレンツ (Lorentz) 及びラーモア (Larmor) は、此見解によつて物質の構造に關する學說を作りました。物質を構

成せる最微の質點の本質は電氣であると彼等は考へました。つまり物質は、分離し得べき電氣單位即ち電子 (Electron) の集合と認められる様になりました。前に述べました、トムソンの微粒子の性質が明らかになりました時に、それはローレンツ及びラーモアの電子と同一のものだと考へられました。

従來の考では、物質を物理的に分割し得る最微の極限は分子であり、又化學的に分解して更に原子まで下ることが出来ましたが、原子は全く不可分のものと考へられました。然るに、一方に於ては電子の発見により、又一方に於てはラヂウム原子の壊散によりまして、原子が更に微細なる要素に分割され得ることが明らかになりました。ラヂウムの變遷の状態から考察しますと、原子の主成分は、 α 線を構成する陽電氣を帯びたる微粒子と、 β 線を構成せる陰電氣を帯びたる電子であることが解ります。 α 線の粒子はプロトン (Proton) 即ち陽粒子と呼ばれます。このプロトンとエレクトロン(電子)とが如何なる排列をなすかといふこと、即ち原子の構造の問題も最近漸次明らかになつて來ました。それによりますと、原子は太陽系の構造に似たものであります。中央の太陽に相當する所に、プロトンが存在し、其周圍を遊離せる電子が惑星の様に回轉するもの様であります。プロトンと電子との引力は、その電力によるものでありまして、距離の

二乗に逆比例する力であります。これも引力と同様であります。プロトンの数や、その周囲に附着せる所謂束縛電子の数や、周囲を運行する遊離電子の数又は軌道の状態等によりまして、原子の性質が決定されるものであります。

運動せる荷電體は、その周囲の媒質に、絶えず電磁エネルギーの場の變動を起させます。その爲に自己感應の動電力を起し、運動を阻止する傾向を生じますから、電氣そのものに附隨せる運動量を考へなければなりません。そこで、電子の運動を起したり、又は運動せる電子を止めたりする爲には、仕事を要することになります。これが普通の物質に現はるゝ質量又は慣性の電氣的説明であります。つまり、ガリレオの發見した、力の働かない物體が等速運動を繼續するといふ法則を物質の電氣説によつて説明し得たことになります。

從來の力學によりますと、力は質量と加速度との相乗積でありますから、ある物體の質量とは、その物體に一定の力を働かして、それによつて生ずる加速度を測りまして、その力と加速度との比として求められました。かくして求めたる質量を慣性的質量と名付けます。然るに電子の運動に於て、自己感應の動電力に反抗して其運動を繼續する爲には一定の加速度を必要とします。その動電力と加速度との比が、電子の電氣的質量と呼ばれるものであります。實驗の結果、

慣性的質量と電氣的質量とは本來同一のものであることが明らかになりました。つまりこれは物質そのものの電氣的構造と一致する重大なる結果の一つであります。

こゝにいふ順序で、物質の概念は電氣の概念に分解せらるゝこととなりました。そうして物理的科學の二分科たる力學と電氣學との間に重大なる一致を生ずることになつたのであります。

しかし吾々は電氣を感じる特殊の器官を持て居りませんから、吾々の心に取つては、機械力の方が電氣力よりも解り易い概念であります。多分、その爲に、電氣そのものを機械的概念で現はさうとする努力も起つたのでせう。或人は、電氣をエーテル中に一種を歪を起す結節の様なものと考えました。

こんな假説の運命は、どうなつても構ひませんが、要するに、吾々が電氣的説明よりも力學的説明を選ぶといふのは、吾々の心身の構造以外に、何等の哲學的理由を認むることは出来ません。總てのものをエーテルに依つて説明するといふことは、物理的宇宙の神秘を、假想的なる媒質の概念に移動せしむるに過ぎないのであります。

それでも、斯の如き物理學の統一は、若し到達することが出来れば、純正科學の最高目的を満足するに足るものでありませう。形而上學は實在の究竟的性質を研究するものであります。

しかし、科學の目的は、もつと謙遜なものでありまして、現象及びそれ等の間の關係を現はす矛盾なき模型を作ることあります。此模型は、先づ吾々の心で検査して、論理的に整合せるものでなければなりません。それから、その模型の立場から觀察した自然界の現象と一致しなければなりません。此模型が少しでも簡單になるといふことは、一段の進歩であります。それで只今吾々が僅かに窺い得た様な、統一的説明は、吾々の科學的知識に對する正當なる希望を満足するものでありませう。

光の媒質として、エーテルは約半世紀の間、物理學の中に勢力を占めて居りました。そのエーテルの概念によつて、物理學全體に亘る統一が出来るか、どうかは確實ではありません。エーテルは本來、絶對不動のもので空間全部に充滿し、只その間に横波の振動のみを許すものであります。けれども運動せる電氣の周圍の電磁エネルギーの場合、電氣と共に運動すると假定することも可能であります。それから光波の振動が此運動せる場を通して進むと假定することも出来ません。これ等の思想、及びそれから起つた所謂相對性原理(Principle of Relativity)は、他の統一的説明を求むべき方向を示すものでありませう。

十三 相對性原理

物體の運動といふことは、その位置が變化することあります。物體の位置を定めるには、ある規準體を定めなければなりません。例へば、吾々が靜止して居るといふ時には、地球を規準體として居るのであります。他の星から見ると、靜止せる吾々は、地球と共に廻轉して居るでせう。だから規準體を異にすると、物體の運動は異なるものであります。つまり物體の運動といふものは規準體に對する相對的位置の變化、即ち相對運動であつて、絶對運動といふものは如何にしても知ることは出来ません。この性質を運動の相對性と名づけます。

一つの規準體を取りまして、それに對するある物體或は數個の物體の集合體系の運動を觀察しますと、種々の場合があることが解ります。最も簡單なものは、規準體に對して等速直線運動をなす體系であります。これを慣性系と名づけます。これは規準體に於て行はるゝ慣性の法則が、同時に此體系に於て行はるゝからであります。例へば、地球を規準體としますと、その上を等速直線運動をなす汽車は一の慣性系であります。地球上から見て、等速運動をなす物は、同時に此汽車の上から見ても等速運動をなすことになりません。それで地球から見ても、汽車から見ても、

その物體には加速度がないと觀察されますから、つまり力が働いて居ないと判定せられます。それでニュートンの運動の第一法則即ち慣性の法則が、兩體系に同時に適用せられます。

然るに規準體に對して廻轉運動をなす體系を考へますと、その體系には遠心力が働くことになりすから、慣性の法則は適用せられません。アルバート・アインシュタインが一九〇五年に發表しました、特殊相對性原理は主として數個の慣性系の間の關係を考察したものであります。

如何なる慣性系に於て測定しましても、光の速度は一定不變であります。この事は、一八八七年に行はれました、マイケルソン及びモーリーの實驗と一致するものであります。單なる假定ではありません。此實驗は、地球上の如何なる方向に光を進行せしめましても、其速度は常に同一であることを證明したものであります。

一の慣性系に於ては光速は一定でありますが、その慣性系に對して等速運動をなす他の慣性系から見ると、それ等の相對速度だけの差がある様に見えます。つまり他の體系上を進行する光の速度は、自己の體系上の速度よりも異なつて見ゆるものであります。従て、一の體系に於て、異なる場所に起つた二つの現象を其所から來る光の到達時間によつて同時であると判斷しても、他の體系から見れば同時ではないと判斷することになるでせう。この現象を同時性の相對性と名

づけます。

地面に對して等速運動をなす汽車は、地面と共に、慣性系であります。それで地面に立てる人が同時と判斷する現象は、汽車の人から見ると同時ではありません。汽車の中の人が汽車の長さを測るときには、物差も汽車と共に動きますから、普通の測定の方法で出来まして、別に面倒なことはありません。けれども地面上の人が動く汽車の長さを測るには、二人の人が同時に汽車の尖端と後端との位置を地面上に記して、其間の長さを測らなければなりません。所が地面上の人が同時と判定したことも、汽車の上の人から、見ては同時ではありませんから地面上の人の測つた汽車の長さも汽車の中の人が見た長さは違ふこととなります。これを長さの相對性と呼びます。此場合には地面上の人の測つた長さが短かく現れます。これに反して、汽車の中の人、地面上の一定の長さを測るときには、その長さは地面上の人が測るよりも短かく現はれます。お互に他の體系上の長さを短かく測るものであります。これが長さの相對性であります。

アインシュタインは、これ等の相對性を綜合して、特殊相對性原理を作りました。此原理は次の様な形に言ひ現はされます。「孰れの慣性系に於ても物理学の法則は全く同じ形にて現はされるものである。」換言しますと、「如何なる慣性系も物理学の法則に對して等しき價値を持つもの

である。それで一つの慣性系内で発見された物理学の法則は、其他の慣性系内にも適用せられる。

アインシュタインは此根本原理から、數學的演繹によつて、長さや時間の相對性を數式で現はすことが出来ました。その關係は次の式で示されます。

$$L_0 = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_0 = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \dots \dots \dots (2)$$

此式で、 L_0 は觀測者を含む慣性系内の長さの單位、 L は觀測者に対して v なる等速運動をなす慣性系内の同じ長さの單位を測定せる長さ、 c は光の速度、 T_0 は觀測者を含む慣性系内の時間の單位、 T は觀測者に対して v なる等速運動をなす慣性系内の時間の單位を測定せる長さであります。 L_0 及び T_0 は一定でありますが、物體が光の速度に近い運動をする様になりますと、 L は非常に短くなり、 T は非常に長くなります。 v が c に等しくなると、 L は零となり、 T は無限大になります。又 v が c より大になると、これ等の數は虚數となりますから、存在し得ないこと

になります。

前にカウフマンは β 線を構成する電子の質量を測定して、それが速度によつて變化することを発見しました。アインシュタインは相對性を質量に應用しまして、カウフマンの實驗を説明し得る一般式を作りました。これが質量の相對性で、ニウトン以來の質量不變の考が破れたこととなります。これは次の式で現はされます。

$$M_0 = \frac{M_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \dots \dots \dots (3)$$

M_0 は觀測者に対して靜止せる體系の中の質量の單位、 M は觀測者に対して v なる速度を持てる體系上の質量の單位であります。つまり v が大となればなる程、 M は大となり、 v が c に等しくなると、 M は無限大となります。

つまり、二つの相對運動をなす慣性系がある場合に、各慣性系上の觀測者は互に他の慣性系上の長さを短かく、時間を長く、質量を大に觀測するものであります。これが特殊相對性原理の結論であります。

特殊相對性原理は互に等速運動をなす體系のみに適用されるものですが、自然界の一般の運動

は大抵加速度を有するものであります。それで一般の運動に適用される様に相對性原理の擴張を要します。その爲に、アインシュタインは加速度の特性及び加速度を生ずる力の特性を研究しました。

一般に自然界に現はるゝ力は、慣性力と萬有引力の二つに別れます。慣性力は種々の機械力や、物體の運動によつて生ずる遠心力の様なものを總稱した名稱であります。慣性力の存在は物體の生ずる加速度によつてのみ知り得るものであります。それと同様に、萬有引力の存在も加速度によつてのみ明らかになります。只一般に二力の差異と思はれることは、萬有引力は常に存在することでありませぬ。そこで、ニュートン以來、萬有引力は物質そのものに附隨せる力であると考へられました。勿論、物質のある所に萬有引力の存在することは事實であります。けれども物質のない所に萬有引力の存在を想像した學者は一人もなかつたのであります。アインシュタインの天才は其障壁を打破しました。

彼は萬有引力の本質は其加速度であることを考へました。加速度さへあれば、必ず其所には萬有引力の場が出来ることを證しました。又吾々が普通に萬有引力の場であると考へて居る場所でも、その加速度を零にする様な一の運動體系を考へますと、その體系内には萬有引力の場は消失

するものであります。例へば、地球上で自由に落下する體系内では、空氣の抵抗等を度外視しますと、萬有引力のない場を考へることが出来ます。

アインシュタインは更に此考を推し擴めて、吾々の觀測し得る加速度の原因を皆萬有引力の場に歸したのであります。例へば、等速運動をなす電車が急に止まらうとする時には、電車内から外界を見て居る觀測者は、外界が急に電車の進む方向に働く加速度を生ずることを知るでせう。つまり等速運動をなす電車から外界を見れば、外界は電車と反對な方向の等速運動をなす様に見えますが、電車が急に止まらうとする場合には、外界の運動の速度が減少しますから、電車の進む方向の加速度が起つたと考へなければなりません。その場合に、觀測者は宇宙全體に電車の進行する方向に加速度を有する萬有引力の場が起つたと解釋するのです。觀測者自身も電車内で、前の方にめらうとするでせう。それが引力の結果であります。

加速度を有する體系に光線を送りますと、其體系にある觀測者は光も又その加速度の影響を受けて屈曲する様に見る筈であります。つまり萬有引力の本質が加速度であるとしませぬと、その場に於ては常に其加速度に相當する光の屈曲がなければなりません。アインシュタインは其量を理論的に計算しました。その計算の結果は、其後起つた二回の日食に於て、太陽の近傍を通過する恒

星の光の方向の屈曲によつて、大體證明せられました。

そこで、アインシュタインは特殊相対性原理の行はるゝ體系に萬有引力の場を加ふることによつて、總ての運動體系を包含せしむることが出来ました。そうしますると或體系内に行はるゝ總ての物理学の法則は、萬有引力の相対的關係を考へに入れさへすれば、如何なる體系内に於ても行はるゝこととなります。これが一般相対性原理の考へ方でありまして、アインシュタインが一九一五年から一九一七年にかけて發表した論文中に其理論が樹立せられたのであります。

この理論の證明となるべき事項は、光の屈曲の外に、水星の近日點の移動の説明に應用して或程度の成功を収めたことを擧げることが出来ます。けれども此二方法は共に有力なる疑問を受けて居ります。それで、一般相対性原理が完全に確定するまでには更に數年を要するでせう。

第三章 生物学

一 生物学の起原

前章に述べました通り、物理的科學の起原は、自然界に現はるゝ力學的現象の觀測や、原始的な器具の使用等に基づくものであります。それと同様に、生物学の起原は、野生の動物や植物の觀察や、それ等の中の或物を漸次飼養栽培する様になつたことや、又は太古の混沌たる思想の時代から徐々に合理的な醫術や外科術が發達する様になつたことなどに求むべきものでせう。

穀物の大部分は、元來東部地中海の沿岸諸國の土産であつた様です。そんな穀物の様な、種々の植物の栽培は、昔から全く盲目的にやつて居たものではありません。農業上の問題を論じた古代の學者は、次の年の收穫をよくする爲に、最も大きな又最も立派な植物の種子を取る必要があることを非常に力説して居ます。これは種子の選擇の効果が認められた爲であります。又植物の自然の性質を漸次改良する考が、實行に着手せられたことを示すものであります。つまり、二三年前から、植物の品種改良の目的で、種々の選擇淘汰をなすことが理解されて居たのであります。

から、その概念の内在的意義は、更に他の方面に影響を及ぼし、全體としての知識の進歩に貢献したと考へることが出来ます。

二 ギリシヤの生物學

ギリシヤ人の生物學的研究の中で、著しく進歩を遂げた方面は、純粹の觀察的博物學でありました。例へば、アリストートルスは、その時代に知られてゐました種々の動物に關する該博なる説明を試み、更に、それ等の動物の解剖的構造の詳細に亘つて述べてゐます。しかし、醫學に於ては、人類の本性や、病氣の起原等に關する古來の傳説が、多くの場合に演繹推理の基礎として用ゐられました。ギリシヤ人の哲學は、好んで此推理法を用ゐました爲に、遂に彼等を誤らしめたのであります。けれども、其間に於て、醫聖と呼ばれたヒポクラテス (Hippocrates 西紀前四五〇年) の學派には合理的の思想が起り始めました。

人類解剖學の組織的研究は、トレミー王朝の支配下にあつたアレキサンドリヤ市に於て起つた様であります。これは、多分、死體をミイラにする埃及人の習慣から端緒を得たものでありませう。ローマ帝國衰亡の後には、ギリシヤの學術は重に、アレキサンドリア市に保存されてゐました。

が、第九世紀以後、アラビア人が地中海の南岸を占領して、サラセン國を建てました爲に、その方にギリシヤ學術の正統が傳はることになりました。アフリカの西北岸からイスパニアに侵入したアラビア人をムーア人と呼びますが、その都はイスパニアのコルドバにありました。東の方はアラビアの北部のバグダッド、西の方はコルドバが、サラセン國の東西の首府で、當時の學術の中心となつたのであります。歐洲はローマ帝國没落の後には、宗教のみ榮えて、學術の全く衰へた所謂暗黒時代となりました。第十五世紀頃から歐洲人も漸次覺醒しまして、先づギリシヤの學術をアラビア人の間に求めましたので、種々の學術は再び歐洲に逆輸入されることになりました。その中にはアラビア人獨特の研究も多く加はつて居りました。

三 文藝復興期の生物學

第十三世紀以後、歐洲に思想及び學術の大復興が起りましたが、不思議なことには、科學的知識の方面の進歩は全く貧弱でありました。それから三百年後の第十六世紀に現はれました、フランシス・ベーコン卿は、その時代までの學者が採集した各種の事實は、學術上殆んど無價値なるものであつたことを論じてゐます。彼は當時の人々が、自然力を支配する方面の科學の發達に貢献

し得なかつたのは研究の方針と系統的組織の缺乏に基づくものであると説明しました。

第十五世紀から第十六世紀にかけて、文藝復興の本流が全歐洲に横溢しました時に、古いギリシヤの典籍の恢復が知識の各方面に就て行はれました。そこで、文學、藝術及び哲學は驚くべき發達をなしたのでありますが、科學も、これ等と同様な發達を遂げるだらうと期待せられておりました。そこで第一に、醫學の方面に於ても、古いギリシヤ人の智慧を借りて、その總ての問題を解決しやうとしました。つまり、其當時の人々は、觀察と實驗とを用ゐて、徐々に精確に、堅牢なる科學的體系を建設するといふ忍耐はなかつたのであります。けれどもギリシヤの傳統の權威に反抗して、自由研究を主張した人がありました。レオナルド・ダ・ビンチやバラセルスス (Paracelsus 一四九〇—一五四一) の如き、その著しいものであります。それでも、一般の人々が全く傳統を棄てて眞の科學的方法を採用する様になりましたのは、一五四三年に、ヴェサリウス (Vesalius) が、自己の觀察に基いて、解剖學を講義し始めてからでありました。一六二八年にキリアム・ハーヴェー (William Harvey) は、この新解剖學の方法を、生理學の問題に應用しました。その研究の最初の成果として、彼は血液循環の機制を發見し得たのであります。その頃から醫學の進歩は急速になりました。それには色々な原因がありますが、その重なるも

のは、新しい物理學の知識の援助と、顯微鏡の應用と、動物に施す生態實驗と、化學的知識の發達とによるものであります。化學は古代の鍊金術者の抱いてゐた空想的計畫を離れて、科學的に進歩し始めたのであります。

醫學の進歩と、それに連れて生じた新藥の要求とが、化學及び植物學の發展を促すことになりました。化學に於ては、從來知られなかつた多くの新物質を發見しました。又、植物學に於ては一面に有益なる藥草類の栽培を盛にしましたと共に、他面に於ては植物の器官の構造と機能に關する精密なる研究を促す様になりました。一六九四年にカメラリウス (Camerarius) は、植物の花中にある雌蕊の下部の子房と、雄蕊の頂上にある葯中の花粉の生殖機能を明らかにしました。それから第十八世紀には、瑞典の生物學者リンネ (Linnaeus 一七〇七—一七七八) が、生物全部に亘る組織的分類を發表しました。

四 中世の動物學

植物界に關する興味は、それが醫學及び農業に必要であるか、有害であるかでなければ、餘り起らないものであります。けれども動物界に對する興味と好奇心とは、常に利害を離れて起るも

ので、植物界に對するよりも更に顯著なものであります。

ローマ時代には、プリニー (Pliny 一三—七九) の有名な博物學の大著があります。その中にあ
る動物の話や、古代に喧傳された野獸の物語などの多くは誤れる觀察により、又は單に空想上の
産物に過ぎないものもありました。第十三世紀から第十四世紀にかけて、基督教徒の間に流行し
た「ベスタリアリ」(Bestiaries) としふ書があります。この書は基督教の教義を動物の話に譬喩を取
つて説明したもので、非常に面白く讀まれたものであります。この中には四十九種の動物の話が
ありますが、動物學的叙述を主眼としたものではありませんから、勿論精確ではありません。

其後マルコ・ポーロ (Marco Polo) や其他の旅行家等が、印度、支那及びアフリカ等の動物の話
を歐洲に持ち歸りました。次にコロンブスのアメリカ發見によつて、未知の動植物に満ちたる大
陸が眼前に開けたのであります。それから、話ばかりではなく、實際珍しい動物を捕獲し、飼養
し、繁殖せしめて其性質をよく觀察し得る様になりました。かくして従來荒唐無稽な珍談奇聞の
聚集に過ぎなかつた博物學が、漸次に系統的科學の立派な一分科と目せらるゝ様に發達して來ま
した。

第十七紀に、英國に王立動物園が創設せられました爲に、動物の研究が大に振興しました。そ

れから顯微鏡の改良によつて、最初に、細胞の構造の極めて詳細なる研究を促しました。次で、
従來全く想像されなかつた多數の微生物が存在することを發見しました。

これ等の研究は現存せる動物及び植物に就てのものであります。それと同時に、既に絶滅せる
過去の生物の確實なる痕跡が、岩石中に埋没せられたる化石中に發見せらるゝことは、早くから
學者が十分に認めてゐた所でありました。此理を認めてゐた證據は、第十五世紀から十六世紀に
かけての學者の斷片的的研究中に散見することが出來ます。けれども此原理が合理的に主張され
たのは、第十八世紀になつてからであります。一七八五年にハットン (Hutton 一七二六—一七九
七) は「地球論」なる大著を出版しました。其中に、現在海底等に於て土砂の沈澱によりまして漸
次層岩を形成しつゝある實狀から推理して、陸上の層岩の形成の原因及びその中に含まるゝ化石
の存在を十分に説明することが出來ると述べてゐます。それでも其當時の人々は十分に此説を信
じなかつたのであります。次でライエル (Lyell 一七九七—一八七五) は一八三〇年より三三年に
かけて、有名なる「地質學原理」を出版し、其中に、以上の原理に對する總ての方面の證據を採集
して論じましたので、總ての學者が其説を信する様になりました。彼の研究によると、斯の如き
地質學的過程の起る爲には非常に長い年月を必要とするものであります。その長さに就ては、現

代の學者の間にも少しも一致はないのであります。多分數億年を要しただらうと思はれます。それに比べると、人類の歴史殊に基督教の聖書を基とせる年代記の數千年の長さは、物の數にもならぬ短かいものであります。

地質學者は地層の性質や形成の状態などを研究しまして、その地層の新古の順序を決定します。その種々の地層に動物や植物の化石が埋没されて居ります。それ等の化石の同種のを、地層形式の順序に長く配列して見ますと、新しい時代の化石程、漸次生物體の構造が複雑になつて行くことが別ります。この事實が、種の進化の問題を度々惹起したのであります。あるギリシヤの哲學者は、二三の簡單な型の生物から、現在の總ての生物が發達したのであるといふ考を持てゐました。しかし此考は其後、生物創生に關する舊約聖書の權威によつて壓倒せられました。舊約の創世記中には、エボバの神が自ら生物の總ての種を創造したることになつてゐます。近世になりまして、第十八世紀から第十九世紀の始めにかけて、佛のキュヰエなどの説いた、種の固定説が廣く流布されて居りましたので、種の進化説は全く顧みられなかつたのであります。

五 進化論

フランスの動物學者ラマ、ーク(Tamarc 一七四四—一八二九)は、一八〇九年に「動物哲學」と題する一書を著はして、一種の進化論を稱へました。彼は、生物の種は常に變化するものであると考へ、その變化の原因は、生物が境遇の變化に伴ふて、體内の器官を或は過用し、或は全く用ゐざる爲に起ると主張しました。つまり、多く用ゐる器官又は身體の部分は發達し、用ゐない部分は萎縮する様になります。斯の如く生物の一代の間の經驗より得たる身體の特質を獲得性と名づけます。この獲得性が子孫に遺傳して、漸次その特質を發揮する様になりますと、數代前よりも外形又は性質の變つた生物となるでせう。これが種々變化の原因だと考へたのであります。例へば「キリン」は、漸く届く位の高い樹の葉を食べる爲に、代々の祖先が絶えず出来るだけ首を伸ばした結果として、あんな長い首となつたのであると考へました。しかし、獲得性の出来ることは事實であります。斯の如き獲得性が遺傳するといふ證據は殆んど發見されませんので、一般の學者は、ラマ、ークの進化論に反對の態度を取つてゐます。

所が、一八五八年に、チャールズ・ダーキン(Charles Darwin 一八〇九—一八八二)と、アルフレッド・ラッセル・ワラス(Alfred Russel Wallace 一八一三—一九一三)の二人が別々に、進化に關する新學説を發表しました。特にダーキンの論文は多年の觀察と實驗を基礎とする正確なる立

論でありました。

ダーキンは壯年時代に、南米及び南洋諸島を旅行しまして、其各地の動植物の状態から、種の進化の原理を悟りました。英國に歸りましてから、動植物の飼養栽培によつて、人為淘汰の實驗を試み、益々深き研究を続けつゝあつたのであります。其時に、馬來半島で生物研究に従事しつゝあつた、ダーキンの友人チラスは、ダーキンと同様な進化論を考へつきまして、その論文をダーキンに送つて、リンネ學會雜誌に發表を依頼したのであります。ダーキンは其論旨が自分の説と一致して居りましたので、大に喜んで學會に持て行きました。所が、其頃學會の幹事であつた地質學者のライエルヤ、植物學者のフーカーなどは、ダーキンが同じ問題を更に深く研究して居ることを知つてゐましたので、ダーキンに勸めて論文をかゝせまして、その二論文を同時に發表したのであります。チラスはダーキンの論文を読んで、自分よりも遂に研究が進んで居るのを見、自分の學説をも「ダーキン説」なる名稱で發表しまして、發見の名譽をダーキンに譲りました。ダーキンもチラスも、自然界に於ける動物及び植物の間に、生存競争と生殖競争とが非常に激烈である點に深く注意しました。そこで、ある生物の個體に僅少なる利益でも與へる様な、身體の構造や性質の變異がありますれば、それが適者となつて生存し、配偶者を得、子孫を生むことが出

來るといふ、重要な問題を決定する理由となり得るのであります。つまり生存競争に勝つにも、生殖競争に勝つにも、自分の競争者より、極めて僅かでも優秀であればよいのであります。この優秀なる性質とは、周囲の境遇によく適應し得ること、敵に對する攻撃及び防禦に有利なる特質を有することなどであります。

斯の如き適者たるべき、生得的の變異は遺傳する傾向を有するものが多いのであります。それで適當なる變異は永久に子孫に固定することになります。こういう變異が漸次重なりますと新變種 (Variety) となり遂に別の種 (Species) に發達するものであります。かく生存競争によつて適者が殘存し不適者が死滅する現象を自然淘汰 (Natural Selection) と呼びます。又生殖競争の適者は配偶者を得て子孫を残しますが、不適者は配偶者を得ることが出來ないので、一代限りで滅びます。この現象を雌雄淘汰 (Sexual Selection) と名づけます。

斯の如き方法によつて、自然淘汰及び雌雄淘汰の趨勢は、適當なる偶然變異を増進せしむることになりませう。そうして、僅かの原始生物から、現存せる總ての生物の種を生ずる様になつたのでせう。それは地質時代の數億萬年を通じて、徐々に、各の種を其の環境に適應する様に變形せしめ、その變異の必要が消失しても尙其型を其生物に固定せしめて、種々の異なる型の生物が發

生したといふ順序になるのでせう。

ダーキンの進化論は、舊約全書の創世紀を字義通りに解釋して、總ての生物の種は神の創造である、と信じた人々から、非常な反對を受けました。けれども遂に進化論は、これ等の反對説に打勝ちまして、第十九世紀の後半期の學術界を支配する中心思想となりました。生物進化論の影響は、生物學の範圍以外まで遠く擴がりました。進化論が生物發達の合理的説明を與へましたので、その結果として、總ての方面に於て、進化の概念が正しく適用せられ得るものと考へられる様になりました。例へば、天體の變遷の現象に適用せられて、天體進化論を作り、人種の發達、歴史の變遷及び社會進化等にも適用せられて、それぞれ適當な成功を收め得たのであります。

自然淘汰や適者生存 (Survival of the fittest) の様な特殊の概念すらも、他の思想界に應用せられる様になりました。適者生存といふのは、ある一定の環境に對する最適者が淘汰を免れて殘存する意味であります。特に、進化論は社會學の研究方針を明らかに照しました。人類社會の科學たる社會學の發達経路は、前に博物學が進んだ途と非常に類似せる關係に立つものであります。社會學や人類學の研究の最初は、未知の民族と交通する職業に携はる旅行者、貿易商、宣教師等の持返つた、珍奇な驚嘆に値する他の民族の物語を、單に蒐集することでありました。それか

ら漸次、細心なる注意を以て、同情的に又合理的に、他民族を研究する程度に進みました。これ等の方法は現在の人類學や、それと密接な關係を有する比較宗教學等の特色をなすものであります。

埃及の砂漠の中や、パレスチナ及び小アジアの廢墟の邊を、鋤や鶴嘴で、忍耐強く掘り返した結果として、過去の文明の遺物が漸次明らかになされて來ました。がこのことは丁度、岩石中に含まれた化石類の研究から、生物進化の順序が展開されたのと、比較して好一對の相似的研究と考へることが出來ます。しかしまだ現在では、科學的に訓練された十分の準備を有する探險家を待ちつゝある廣大なる地域が残つてゐます。アジアの中央部に住居した、太古の民族の遺跡は、尙十分に明瞭ではありません。又中部アメリカに残れる多くの大碑銘は、その記録を判讀する總ての試みを尙失敗に歸せしめてゐます。それでも、文明の興隆及び衰亡に貢獻した種々の原因は、漸次明瞭となつて、未來の人類に其の教訓を供し始めてゐるのであります。

六 人類の進化

人類も進化しつゝあります。各人種の平均の體格と特性とは、常に變化してゐます。これは、

一つの民族の観察だけからでも明らかになりますが、他の民族と比較して、観察を続けると、一層明瞭になります。

人類は一源で一種であるといふ學説が、現在では最も勢力がありますが、その一源から出た人類が、どうして現今地球上に見るが如き、人種の區別を生じたかといふ問題は、種々複雑な原因によつて説明する必要があります。この原因を、單に人類の棲息する地方の氣候、風土の差のみに歸することは困難であります。多分、人類の最初の社會が、人口増加の結果として分裂する必要の起つた時に、比較的個人的差違のない部族が一團となつて分離したことは當然でありませう、これ等の部族は、食物蒐集の必要により、或は他の部族との争鬭の結果として、或は探險の結果によつて、漸次移住を始め、その部族の特性を益々發揮することになりませう。その間に、自然淘汰や、雌雄淘汰の作用も加はりまして、長い年月の間に、地方的色彩を漸次濃厚ならしめ遂に今日に見るが如き人種の差を生じたものでありませう。移住によつて、體格及び性格の變化する例は、英國のアングロサクソンと、米國のアングロサクソンとの差を見ると明瞭であります。或種族の平均の特性が變化する重要な原因の一は、その種族内の種々の階級に於ける人口増加率の差の著しいことであります。そこで、各階級の人口増殖率の比較研究が非常に重要な問題

となります。

例へば、近年英國に於ては、上流及び中流社會の人口増加率が、著しく減退して來ました。けれども下流の貧民階級の増加率は依然として大であります。それで英國の學者は、この勢で進むと英國民の平均素質は低下するばかりである、と悲觀してゐます。これは、經濟上又は其他の理由から産兒制限を行ふ結果が、主要なる原因らしいのであります。この現象は、フランスやイタリア等に於ては、もつと著しい様であります。日本では、まだ各階級の増加率が大體同様であります。漸次歐洲人と同様な運命に陥りはしないかと想像される現象が起りかけてゐます。

その外にも、人種の特性に影響する原因は、社會的にも地理的にも多々あるでせう。英のフランシス・ガルトン卿(Sir Francis Galton 1822—1911)は、優生學(Eugenics)と名づくる學を創設して、人種の特質を、重に遺傳によつて説明しやうとしたのであります。

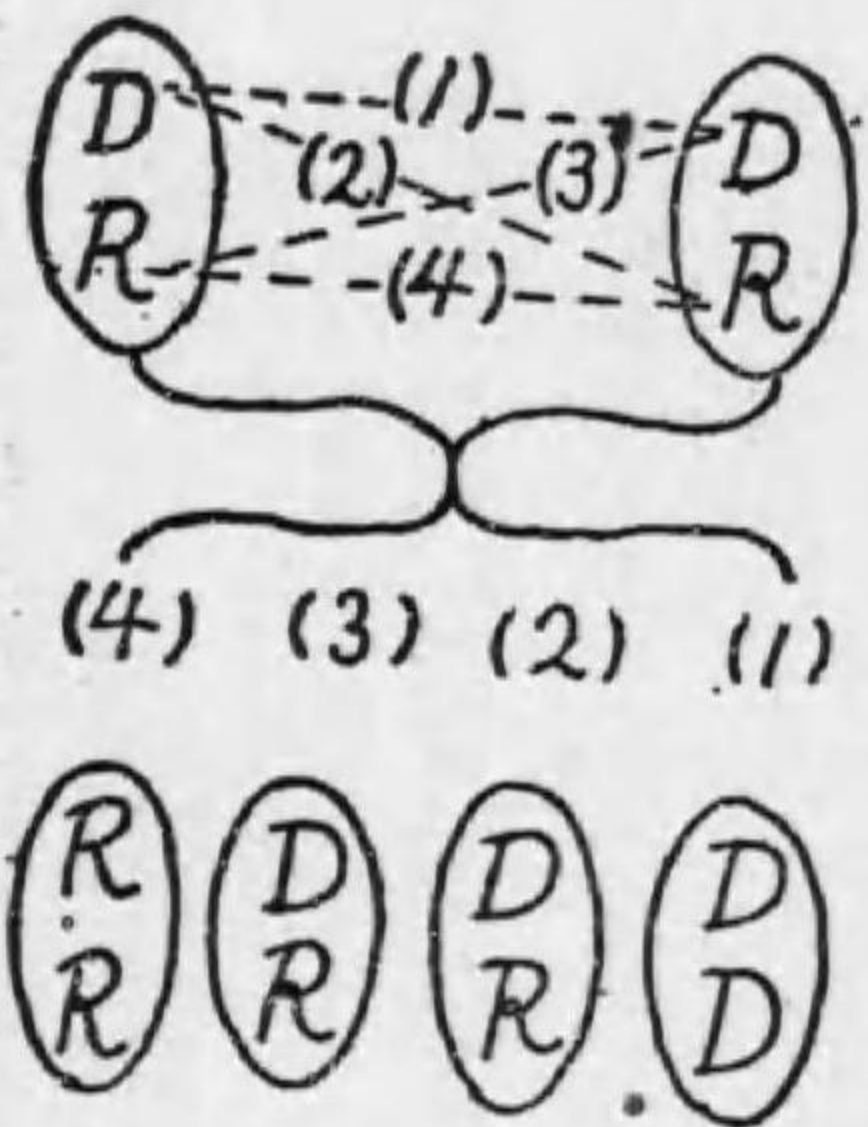
けれども優生學が實際的價値を發揮したのは、次節に述ぶる、メンデルの遺傳の法則等が明らかになつた爲でありました。

七 メンデルの遺傳の法則

ダーキンが、まだ進化の研究を続けてゐた頃に、塊太利の田舎で、生物の遺傳に關する他の方面からの研究を完成した人がありました。所が、その研究が一般の人々に知れ亘つたのは、それから三十餘年の後でありました。その人とは、塊太利（現在はチエツクスロワキヤ國）の北部ブリュン市の僧院長、グレゴール・ヨハン・メンデル（Gregor Johann Mendel 1822—1884）であります。彼は、僅少なる變異による自然淘汰が、進化の十分なる原因であると考へた、ダーキンの學說に満足しないで、豌豆の異種を交雜した結果として生ずる雜種の關係を研究しました。メンデルの發見の要點は、遺傳の際に、ある形質（Character）は、不可分の單位として、子孫に傳はることを明らかにしたことあります。豌豆では、丈の高い品種と、丈の低い品種との雜種が、此現象を現はす一例であります。此場合には、高い形質と低い形質とが一對の單位性であります。これ等の高い親と低い親との交雜の結果、生じた雜種は、兩親の中間の形質を備へてゐないのであります。

第一代に於て、總ての實生は、外見上、丈の高い親に似てゐます。つまり、片親の丈の低い形質は、全く現はれないのであります。そこで、この場合には、丈の高い形質を優性（Dominant）と名づけ、丈の低い形質を劣性（Recessive）と名づけます。しかし、この第一代雜種の自己受精の結果として生じた子孫は、優性の親と幾分の差異を現はすものであります。即ち、第二代雜種は親と等しい形質を現はして、全部高い子孫を生ずる代りに、丈の高い豌豆と、丈の低い豌豆とが、三と一との割合で生ずることが發見されました。その中で、丈の低い豌豆だけの子孫は、永久に低いもの許りであります。けれども、高い豌豆の中で、三分の一だけの子孫が、永久に高い子孫を生じます。残りの三分の二の高い豌豆の自己受精の結果は、第三代に於ても第二代と同様に、三と一との割合で、高い品種と低い品種を生ずるものであります。

これ等の關係は、次の様な假定によつて、直接に容易に説明が出來ます。即ち、植物の胚種細胞は「高い」又は「低い」の、どちらかの形質を有するものであるから、それ等の雜種は、「高い」胚種細胞と「低い」胚種細胞とを含むもので、その中間の高さの形質を有するものを含まないものであります。例へば、優性（D）の丈の高い植物が、劣性（R）の丈の低い植物と交雜する時には、雜種の胚種細胞は、半分は優性（D）で、半分は劣性（R）であります。これ等が自己受精するか、又は同種の植物と交雜しますと、多數を通じて考へますれば、全體の結合の約半分は、優性（D）と劣性（R）と結合して（RD）といふ植物を作りますが、約半分は純種となつて、（DD）及び（RR）の結合をなす二種の植物に均分される様にならなければなりません。



この関係は次の圖解で明瞭になります。(DR)なる雜種植物の同種の交雑は、上圖の様に(1)

(2)(3)(4)の四種だけ出來ます。それによつて生ずる四種の植物は下に現はす様な、(DD)(DR)(RR)の結合性を有するものであります。

所が、丈の高い形質は優性でありますから、胚種細胞の組成中に、幾分でも丈の高い形質を含む植物は丈が高く育ちます。そこで(1)(1)といふ組成の植物は皆、外見上(DD)と同様に育ちます。それで全體の實生の四分の三が高く育つ理由が別ります。しかし、(DR)の植物間の交雑により、又は自己受精によつて、その子孫を作ると、そこで初めて其本性を現はしまして、四分の一の劣性の植物を生ずるのであります。

以上の事柄を系圖にまとめて次の様に現はすことが出來ます。

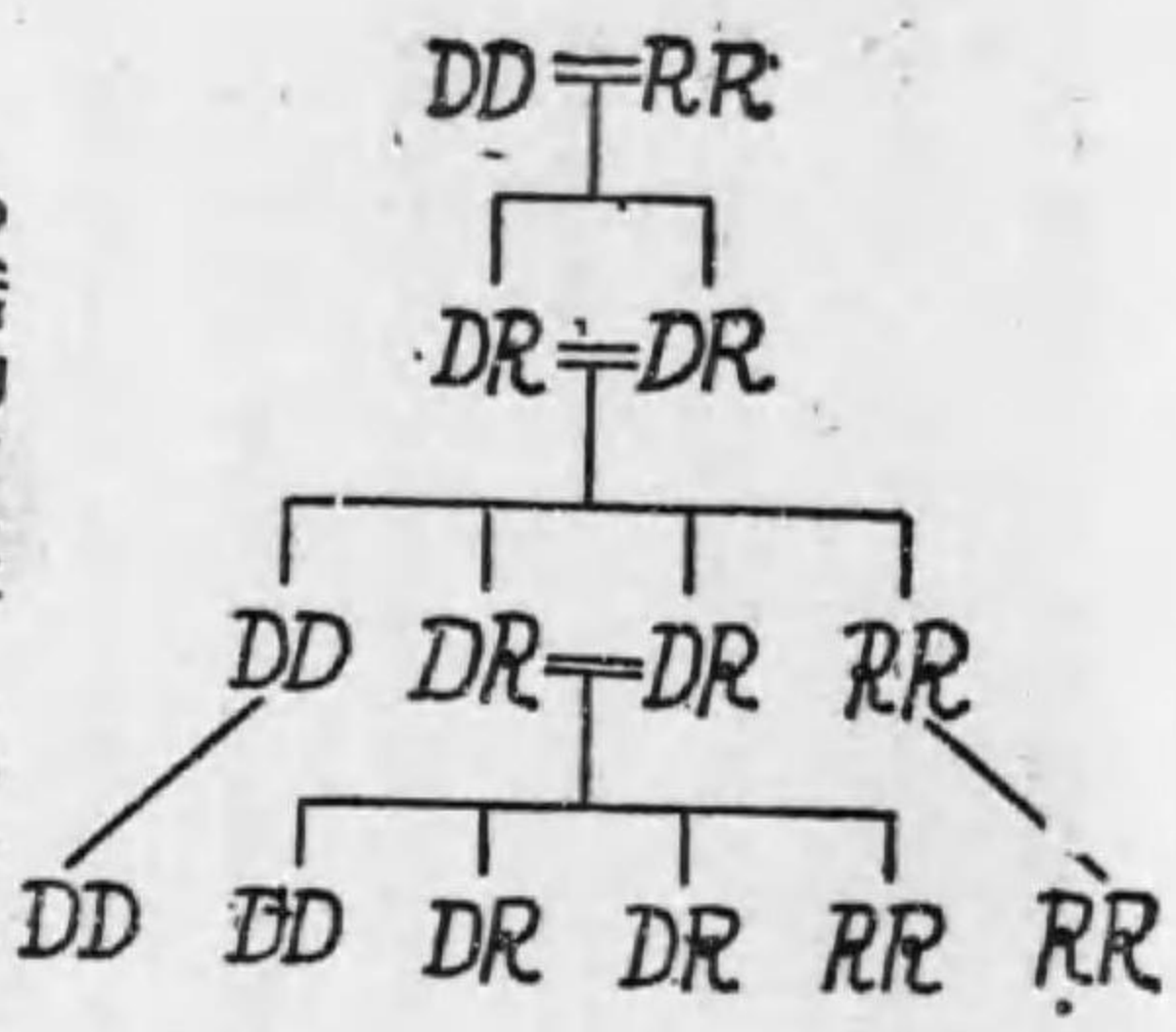
これ等の事實を、まとめますと、メンデルの雜種遺傳の法則が出來ます。それは一般に次の様な三つの法則によつて現はされます。

(一) 支配の法則(Law of Dominance)。雜種には優性、劣性なる現象がありまして、一方の

親の或形質だけに似ることがあります。つまり優性は劣性を支配して現在性となり、劣性は潜在性となります。

(二) 分離の法則(Law of Segregation) 第一代雜種に於ては、第一代雜種に於て潜在せる劣性が現はれて、優、劣1といふ一定割合の現在性に分離します。

(三) 各形質獨立の法則(Law of independent unit Character) 雜種に於て優性と劣性とを形成する一對の形質は別々に分離して獨立の活動をなすものであります。



八 メンデル遺傳の現象及び應用

前節に於ては、簡單な場合を取つて、遺傳の法則を説明しましたが、實際の場合には、色々な複雑な關係が現はれるものであります。種々の形質は色々な形式で連關してゐます。例へば、或性質は或他の性質がない場合には現はれないで、潜在することがあります。又二つの性質が互に反撥して、一方が存在するときには他方が現はれないことがあります。

一例を挙げますと、白色の花を咲くスキートビーに二つの變種があります。この二種の交雑によつて生ずる雜種の花の色は白色でなくて紫色であります。この原因を研究した結果、白色の一變種は、單に色素の基となる要素のみを含み、他の一變種は、單に色を現はす要素のみを含むことが別りました。所が、それ等の雜種は、色素の基となる要素と色を現はす要素の二つを含みますので、始めて本來の紫色が現はれたのであります。要素が一つだけでは、色が現はれないのであります。

又或性質は一方の性のみに發見されるものもあります。それから、或性では優性で、他の性では劣性であるといふ場合もあります。

例へば、人類の色盲は、男子に多く、女子は少ないものです。一般に、色盲の父と、健全なる母との子は、男女共に健全であります。次に孫になりますと、男系の孫は母が健全であれば、色盲になりませんが、女系の孫は父が健全でも、孫の男子の半數は色盲になり得るものであります。又、色盲の母と健全なる父との間に生るゝ男子は皆色盲で、女子は健全であります。皆その生む男子の半數を色盲にするだけの潜伏性を有するものであります。血友病、夜盲症も同様に、男子に優性で、女子に劣性といふ關係を有するものであります。

メンデルの遺傳の法則に従ふ形質は、多くの植物及び動物中に存在することが證明せられました。此研究は諸生物の交雜の問題に、著しき光明を與へました。その結果は、既に小麥の優良なる品種を作ること成功しました。又、牧畜業や、園藝家の技術を革新し得る望みを生じました。

英國産の小麥は、瑞典産のものに比し、著しく收穫高は多いけれども、瑞典産のものに比し、寒氣に耐えることが出来なかつたのであります。所が、瑞典のエーレは二種の雜種から、收穫多くして寒氣に耐ゆる品種を分離して、收穫を増加することが出来ました。花や果實の品種改良に著しき功績を現はした人に、カリフルニアのルーサー・バーバンク(Luther Burbank)があります。又、鶏、金魚等の品種は、この法則によつて、種々の改良を受けたのであります。

人類に於て、メンデル式の關係は、まづ眼の色に就て明らかにせられました。眼に於ては、虹彩の褐色色素を有するもの、即ち、茶眼が優性で、青眼が劣性であります。又或病氣や畸形に就ても、其關係が別つてゐます。これ等の場合には、特殊の形質を有する人々の間の結婚の結果の豫想は、正確に測定することが出来ます。そうして、特殊の形質を示すべき子孫の割合は、正確なる計算にかゝる様になりました。

畸形では、指の節の少ない短指、數の多い多指、指が二個以上癒着せる癒着指等は皆優性であ

ります。疾病に就ては、色盲、夜盲、血友病は性に伴ふものであります。又、近視、聾啞、先天的、白内障、精神病等は多く優性であります。微毒は遺傳しませんが、大抵胎内で傳染して、所謂先天性微毒となりますから、優性と同じ關係であります。結核及び癌腫も同様ですが、これ等に罹り易い素質は、多分劣性として遺傳するものでせう。又低能や高能や犯罪性等は同一家系中に多數出現することが多いですが、その割合は常に規則的ではありません。又、壽命も遺傳することが認められてゐます。

九 古代人の微生物觀

遺傳に關する知識は、今後益々進歩して、遂には將來の人類に偉大なる効果を與へる望があります。然るに、既に今までの間に、更に實際的利益を與へた所の、生物學の一分科があります。それは、微生物の存在と、その生涯とを顯示しました微生物學でありました。微生物の作用は、人類に對して、善惡共に著しく強大なる影響を與へることが證明せられたのであります。

ギリシヤ人及びローマ人は、現今吾々が、微生物の作用によつて起ることを知つてゐます所の數個の病氣に就て、注意し又種々の想像を廻らしてゐました。例へば、沼澤地方とマラリア熱と

の關係は、昔から常に認められてゐた様であります。小麥に生ずる「サビカビ」も亦、注意を引きました。ローマ人は、西曆紀元の初め頃に、この「サビカビ」の流行は、不順な濕つばい天候の時に、卑濕な露の深い土地とに多いことを知つてゐました。これだけの診斷は勿論正しいものでありません。又、ある物が外部から來て、穀物を犯すものであると、其頃の人が考へたのも、間違ではありません。所が、ローマ人は、月や、銀河や其他の天體は病原體を落すものだといふ考を持つてゐたのであります。そこで、「サビカビ」の療法の一つとして、若い犬を犠牲にして、天體を祭ることをやりました。これは多分、「シリウス」星を含む「大犬」星座の怒りを、なだめる爲めでありませう。斯の如き、疾病治療の古典的取扱法は近世科學に全く類を見ないものであります。動物の死體や植物質などの腐敗作用も亦、古代からの研究問題の一でありました。それから、酵母によつて起さる、醗酵作用も、歴史時代の最初から、すつと知られてゐたのであります。けれども、一八三八年頃にシュワン、(Schwann 一八一〇—一八八二)が、酵母の活動は、生活せる細胞の生長及び繁殖の結果であるといふこと、及び、腐敗作用も同様な過程で生活細胞によつて起されるものであるといふことを發見しました迄は、誰も其真相を知らなかつたのであります。

十 パスツールの研究

シュワンの研究の結果は、一八五五年頃、パスツール(Pasteur 一八二二—一八九五)によつて更に深く研究せられました。彼は、醗酵及は腐敗に類似せる總ての變化は、生活せる細胞又は胚種の作用であることを明らかにしました。それで、無生物より生物が発生すると考へた、古代の自然發生(Spontaneous Generation)の思想は破棄せられたのであります。例へば、蛆は腐肉の變化せるものでなく、必ず蠅の卵より生ずるものであります。同様に、腐敗菌も、その胚種が空中から落下して始めて發生するものであります。

パスツールは鶏コレラ及び蠶病を生ずる特殊の病原菌を發見しました。かくして、微生物による病氣に關する吾人の知識は、漸次増加する様になりました。特に、生きた動物に、病毒を接種する實驗によつて、種々の事實が明らかになりました。そこで、かゝる顯微鏡的ではありませんけれども、極めて恐ろしい敵の内で、最も兇惡な數個の微生物を、如何にして豫防するか、といふ方法即ち消毒法を知る様になりました。個人衛生及び公衆衛生に於ける近代の進歩の大部分は、この微生物に關する知識によるものであります。

十一 酵素の發見

多くの場合に、微生物が附着せる生物體に對する、微生物の作用は、直接に微生物そのものが影響を及ぼすのではなくして、その生ずる一種の化學的物質即ち酵素(Enzyme)の作用によるものであります。

微生物が病原菌である場合に、その身體より排出する化學的物質は、病氣の原因となるものであります。毒素(Toxin)と呼ばれます。酵素は一般に生物體に有益なる作用をなす物質だけを呼ぶことが多いのであります。

一八九八年にビュヒナー(Büchner)は、酵母の醗酵の際に於ける酵素の作用を初めて證明しました。醗酵といふ特殊の効果は、酵母細胞がなくても、その細胞から抽出せる物質即ち酵素さへあれば、行はれることを證明することが出來たのであります。斯の如き酵素は、その作用を終つた後も、それ自身は變化しない様であります。つまり、酵素は、他の物質と接觸して存在するだけで、他の物質に一定の變化を十分に速かに起さしめ得るものであります。

澱粉を葡萄糖及びデキストリンに變ずるヂアスターゼ(Diastase)蛋白質をペプトンに分解する

ペプシン(Pepsin)葡萄糖をアルコールに變化するチマーゼ(Zymase)等は、酵素中の重要なものである。

十二 マラリア熱

マラリア熱の本性の発見の歴史は、近代の生物學の珍談中の模範的な一例と思はるゝものであります。この発見史の連鎖の最初の一环を造つたのは、フランスの軍醫ラ、ズラン(Laveran)の功績であります。彼は一八八〇年に、マラリア患者の血液中に生活せる寄生蟲を発見しました。この発見を端緒として、イタリアの學者が研究しました結果、この微生物の生活史が漸次明らかになりました。まづ、マラリア病原蟲に、三つの別種のものゝを區別しました。これは一年の内の異なる季節に流行する三種の異なる病氣の形式に相當するものであります。

マラリア病の第一は、隔日に發熱を起すもので、隔日熱と呼ばれます。第二は、七十二時間を隔て、發熱するもので、四日熱と呼ばれます。第三は、毎日又は隔日に發熱する最悪性のもので熱帶熱と呼ばれます。

次に、興味を集注せしめた問題は、如何にして、この病原蟲が人體内に侵入するか、といふ方

法の発見でありました。其際に直ちに、嫌疑を受けたのは、勿論人の血を吸ふ蚊の様な昆蟲類でありました。一八九五年に、ロス(Ross)とマンソン(Manson)は、マラリア患者の血を吸つた蚊の體内に、同じ寄生蟲が存在することを證明し得たのであります。それから、この寄生蟲が、蚊の消化管の附近に於て、體形が大きくなり、多数に分裂して胞子を生じ、各胞子は又絲狀の種蟲を生ずることが別りました。この種蟲は、漸次、宿主たる蚊の唾腺に集まります。こんな病毒を有する蚊に螫されると、種蟲は蚊の唾液と共に次の宿主たる人體中に再移入されます。かくてマラリア病原蟲の新しい循環生活が始められるのであります。

蚊の種類は三百餘種、二十餘屬に別れてゐます。所が其中の唯一つの特種の蚊のみが、マラリア熱の傳染をなす様であります。その蚊は、ア、ノ、フェス(Anopheles)と名づけられるものです。又その中でも、雌だけが、人の血を吸ふものであります。この種の蚊は、世界の殆んど總ての地方に発見されます。英國にもゐます。この蚊の習性の研究によりまして、その驅除の方法も発見され、従つて、マラリア熱も、多くの昔の流行地から驅逐されることになりました。

蚊の幼蟲は、溜り水の中で育ちます。そうして、蚊は日没から、日出までの暗い間以外の時には、殆んど飛ぶことはありません。こんな水溜りの養育所は、種々の排水法により、又は、水溜

りが始終出来る様な場所を埋立ることによつて、破壊せられます。又、排水の出来ない水溜りには、石油を流して、表面に薄い層を作りますと、幼蟲の發生を豫防することが出来ます。次に、蚊の活動する夜間に、人々を保護するには、窓や戸口、に細かい金網を張り、又寢床の周りに蚊張を張る様なことをすればよいのです。

マラリア熱は、イギリスの沼澤地方に於て、嘗ては流行したものであります。しかし、病氣の眞の原因が確定する前に、全く撲滅せられました。それは多分、排水法の漸次完備したことと、患者にキニーネ劑を與へて、治癒せしめ得た爲であります。マラリアの媒介者たるアノフェレス蚊は、まだイギリスにゐますけれども、その體內には、最早病毒を含んでゐません。我國では臺灣に三種のマラリアが流行してゐます。

こんな事實から考へますと、或時期に或特殊な微生物を、全く撲滅して、それによつて生ずる特殊の病氣を、人類の中から、全く除去することを望むのは、決して空想ではない様に思はれます。

十三 地中海岸及びアフリカの風土病

マラリア病に關する研究に供なふた成功は、醫學の豫防的方面を、數多の方向に擴張せしむる様になりました。地中海熱及はマルタ熱と呼ぶる病氣が、地中海の沿岸や、マルタ島に駐在せる軍隊又は軍艦の水兵の間に流行してゐましたので、英國に於て、その病原を研究する委員が任命されることになりました。その病氣を起す特殊の微生物が、この場合にも發見せられました。それから、その病原は、その生活史の必要なる時期の一部を、山羊の體內で送ることが發見されました。山羊は、地中海岸の農夫の經濟的資源の重要な部分を構成するものであります。山羊の體中の病毒は、山羊から取つた乳、バター、チーズなどを食する人に傳染するのであります。けれども、山羊自身は、この寄生蟲の存在によつて、不快を感じる様な徴候を少しも現はしません。かく、中間宿主たる動物が、或顯著なる病氣に對して、免疫性を有することが、此種の知識の探求を、非常に困難ならしむる理由の一つになるのであります。

中央アフリカ及び東部アフリカの全部に亘りまして、人類及び獸類を犯す流行病が、猖獗を極めてゐます。例へば、睡眠病、黒水病等の如きものであります。その爲に、或地方は殆んど住居に適しない様になりました。こゝでも從來嫌疑を受けなかつた種々の動物が、病毒を傳播する役を勤めることか明白になりました。

それから、人種が異なる時には、種々の病氣に對する感受性が、著しく程度を異にすることがあります。それで、稀には、或人は、或動物の様に、外見上、病氣の影響に對して免疫性を現はすことも發見せられました。しかし、こんな人は、寄生菌の宿主即ち、細菌者となりました。接觸する人々に病氣を傳染せしむる働をなし得るものであります。

十四 治療及び衛生の進歩

リスター卿(Lord Lister)一八一七—一九一〇は、外科の手術にパスツールの結果を應用して微生物の病氣を豫防する爲に、消毒と初めました。又其頃、麻酔劑が發見されましたので、外科術は非常に進歩して、大に人類の病氣を救済し得る様になりました。そこで、従來は、病院に入るといへば、恢復は到底困難だと思はれてゐたのを、今は病院は人の生命の保存の爲に最も有效なる機關であると考へられる様に變化したのであります。

衛生、内科及び外科醫術に於ける進歩の結果は、都市に於ける、年々の死亡率の低下によつて最も好く測ることが出來ます。英國の都市に於ては、二百年前は、人口一千に就き毎年約八十人の死者がりましたが、現在は一千人に對して約十五人といふ割合になりました。(東京市の大正

二年より六年までの死亡率は、人口千につき十八人乃至十九人であります)

斯の如き死亡率の低下は醫術の進歩の爲に、犠牲になるべき筈の生命が單に延長されたといふだけのことではありません。昔の様な不衛生の状態では、弱い體力を持って漸く生存することが出來ただらうと思はれる様な人に、著しく健康と體力を増進せしめたことを意味するものと考へなければなりません。

けれども、吾々は、死亡率の減少や病氣治療法の發達といふ様な變化の裏面には、重大なる危険が伏在することを忘れてはなりません。前の時代に於ては、ある程度の精神的缺陷又は身體的缺陷を有するものは、生存を続けることが困難であつたが爲に、その缺陷は彼一代だけで根絶して他の人類を困らせることがなかつたのであります。然るに現在に於ては、生活狀態の改良によつて、斯の如き缺陷の所有者も、生存を続け得るばかりでなく、配偶者を得、子孫を生んで、彼の缺陷を永久に人類間に殘し得る様になつたのであります。

人種の先天的特質が、過去に於て改良されたと同様に、未來に於ても改良する必要がありとしますれば、つまり、人種を頽廢せしめず存続せしむべきものであると考へます時には、以上の問題は、直ちに當面しなければならぬ、熟慮を要するものであります。

十五 機械論と活力論

これから、一方は物理學及び化學と、他方は生物學との間の關係を、簡單に考察して見ませう。植物及び動物の身體は、明かに、一般の力學の法則に従ひます。それ等は、全體として、普通の重力の加速度を以て落下します。動物の四肢は、槓桿の力學的原理の行はるゝことを證明します。動物の呼吸は、化學的に考へますと、蠟燭の燃焼と同様であります。それから、有機體は、無機界に常に存在する同一の化學的元素から組成せられます。

それでも、炭素は、有機物中で、重要にして最も特色ある元素と認めなければなりません。炭素は、他の元素よりも、非常に複雑なる數多の特性を有するものであります。炭素原子は他の元素の原子と化合するのと同じ様に、他の炭素原子と化合することが出来ます。かくして、非常に複雑なる分子を構成します。炭素の此特性によりまして、生活過程の特殊化學が成立することゝなるのであります。

パラセルス (Paracelsus 一四九〇—一五四一) と、スタール (Stahl 一六六〇—一七三三) は、古代に行はれた特殊の活力論の思想を、近世に於て主張しました。活力論者は、生活力といふも

のは特殊のエネルギーであつて、無機物から派生したものではないと考へるのであります。此説は、無機界に行はるゝ機制が、完全に生命の現象を説明するに十分であると主張する機械論に反對したものであります。機械論は活力論と同じ様に古くからあるものであります。

比較的近代まで、活力論者は、特殊の有機化合物は生物の體內だけで生ずることが出来るもので化學實驗室では、如何なる方法を用ゐても合成されない、と考へておりました。

然るに、一八二八年に、ワーラー (Wöhler 一八〇〇—一八八二) が、模型的有機化合物なる尿素を、無機化合物から實驗室で合成することに成功しました。その爲に、優勢な活力論も疑問を受けることになりました。それから、他の有機物も漸次合成される様になりました。遂に一八八七年には、フィッシャー (Fischer) と、ターフェル (Tafel) とが、砂糖を、その元素から合成しました。

同時に、種々の物理化學的過程が、生活組織中に行はれてゐることが發見せられました。特に溶液中に行はるゝ現象は、生活細胞の生理學的問題の多數を解決する光を與へました。浸透壓と電氣を帯びたるイオンの運動は、生活組織中に起る種々の作用が遂行される方法と認められました。

斯の如くして、生活作用を維持する方法となる所の、物理化學的機制に就て、多くの新發見が出來ました。それでも、無機物の世界と、生命の世界との間の間隙が、橋渡しされる様な徴候は現はれません。吾々は、まだ、死物から、最簡單な生活細胞を作ることにも出來ません。吾々の知る總ての生物は、同じ様な性質を有せる親から生れたものであります。

しかし、自然發生、即ち、無生物から生物が形成される現象が、將來發見される、ことがありましても、無生物界と生物界との間隙は、依然として廣く開いてゐるでせう。吾々は尙、如何にして物質が、かゝる驚くべき潜在性を含むか、といふことを説明しなければなりません。その潜在性とは、適當な條件の下に、適當な刺激によつて、生命の現象を起すことが出來得る性質であります。しかし、此問題が説明されましても、更に廣い間隙が、その上に横はつてゐます。その間隙を越えると、初めて、吾々は、意識といふ、尙一層驚くべき事實に觸れるのであります。死物が生物となりまして、生命の諸現象を現はす様になりましたも、それが、考へたり、感じたりしなければならぬといふことは確實に定まるものではありません。茲に吾々は、再び異なる平面上の存在に觸れたこととなります。その間隙の兩側の現象は、全く比較し得べからざるものであります。

活力論の概念を、現代思想の中に保持する根據となるものは、上述の如き論理的間隙の認知であります。生活細胞内の諸過程を、膠質の物理學と、蛋白質の化學とに分解する、新發見力があり、自然に誇大されて傳へられた爲に、一時不信用に陥つた活力論は、再び其勢力を恢復しつゝあるのです。活力論が、生活現象の如何なる場合に於ても、それを物理學的又は化學的に研究するのを止める爲の口實となるのは不當であります。そんな不當なことさへもしなければ、活力論の復活は、第一に生命に於て、第二に意識に於て、吾人が無機過程の現象とは異なる科學的平面にある新現象を認めた、といふ事實の認識として歓迎せられるでせう。

かやうに、活力論は、今まで吾々の化學實驗室で、合成することが出來なかつた所の、非常に複雑な有機化合物を作ることが、困難であるが爲に起つたものではありません。又、生活細胞内に行はるゝ、極めて微妙なる物理的現象、特に電氣的現象を説明することに、吾々が失敗した爲に、活力論が起つたではありません。又、無機物から生命を製造することに失敗した爲でもありません。

尤も、知識の單なる間隙上に、結論を建設することは決して安全ではありません。しかし、その事は、吾々が、他のものと種類の異なる現象を説明しなければならぬ爲に必要であります。

例へば、生長、生殖、複雑なる有機體の統一、意識といふ超越的事實等即ち、略言すれば、生命そのものの問題を説明するに必要であります。

要するに、活力論は、生命の哲學的考察には必要でありませう。けれども、生物學を科學としてのみ考へる場合には、斯の如き超越的説明を除いて、單に事實そのもの、現象そのものを綜合し、統一する法則を樹立するだけで十分でありませう。

第四章 精神科學

一 精神現象の研究

本章に於て、論理科學の最終分科たる、精神科學の基礎を略叙しませう。精神科學は精神現象を研究する學であります。精神は、物理學及び生物に於て觀察しました様な世界を吾々に理解せしめ得る器官であります。

人類の思想發達の歴史を通覽しますと、長い年月の間精神の研究は全く内省法のみによつたものであることを發見します。しかし近年に至りまして、實驗が、精神現象にも應用される様にな

りました。そこで、兩者を比較しますと、吾々の目的の爲には、先づ實驗的方面から、精神上の問題を攻究する方が簡單な様であります。

先づ始めに、吾々の感覺作用を研究しませう。感覺は人體の特性の一であります。これは吾々の感覺器官が外界から刺激を受けました時に、吾人の精神に、感覺表象を生ずる作用でありまして、個人間に多少の差異があります。

二 皮膚覺

皮膚覺の一方面たる觸覺(又は壓覺)は、外物の種々の物理的特性を識別するものであります。觸覺の鋭敏の度は、身體の各部に於て非常な差があります。特に鋭敏な部分は、眼の粘膜、唇及び指頭などであります。實用的方面から申しますと、指頭特に人指と拇指の尖頭が、觸覺の代表的部分であります。

輕微なる接觸に對する、皮膚の神經の鋭敏の度は、木の柄の端に、細い毛を數本植ゑつけた器具で、皮膚に觸れて見て、測定することが出來ます。この細い毛で、ある程度の壓力を加へた時に始めて觸覺が起ります。その毛の及ぼし得る壓力は、天秤で測ることが出來ます。この方法で

皮膚の各部の鋭敏度の差を圖示することが出来るのです。

次に、尖端の餘り鋭くない眞鍮の棒を熱湯の温めて、皮膚の表面を萬遍なく軽く觸れますと、所々に温かく感ずる點があることを發見します。又この棒を、氷で冷まして、皮膚に觸れますと、ある部分が冷たく感じ、他の所では感じないことが別ります。かくして、温及び冷に對する皮膚の感受度を知ることが出来ます。

つまり各種の刺激に對して、特によく感ずる皮膚の部分は皆異なるものであります。觸覺即ち壓力に感ずる壓點は、温に感ずる温點や、冷に感ずる冷點と一致するものではありません。又痛覺を最も容易に感ずる痛點は、以上の三者と異なる部分であります。

これ等の諸點の分布は、身體の部分によつて差があり、又人によつても差があります。平均しますと、痛點は一平方糎に百乃至二百、壓點は二十五、冷點は十三、温點は二といふ割合になります。

若し、皮膚の或感覺域に通ずる神経を切斷しますと其感覺は破壊せられます。それから、其傷が癒えますと、其感覺も徐々に恢復します。最初に復舊するものは痛覺で、それから壓覺、冷覺、温覺の順序で恢復します。

これで別ります様に、精神が、皮膚に働く壓力又は温度の作用によつて影響さるゝ範圍は單に外部の刺激の強度のみに依るものではありません。その上に、感受體として働く所の、身體の其部分の特性を、考に入れなければなりません。

三 視 覺

視覺は、觸覺や聽覺と同様に、人類及び高等動物の等しく有する感覺であります。けれども動物の種の異なるにつれて、視覺の範圍は、多分大抵一致しないだらうと思はれます。

強烈なる太陽の直射光の様な、強い輻射エネルギーは、吾々の身體の全表面に感じまして、吾々の精神に熱の感覺を起さしめます。けれども、光の感覺は、特殊の輻射線が、吾々の眼に當つた時だけに起るものであります。一定の範圍内の輻射線に對する眼の感受度は非常に大であります。極微量のエネルギーでも、特殊の感覺を十分に起し得るものです。けれども、有效なる輻射線の種類は嚴密に制限されてゐます。それは毎秒約四百兆回から八百兆回の振動數の範圍内の電磁波即ち光波に限られてゐるのです。その内で最もよく感ずる部分は、この範圍の約中央に當る黄色の部分であります。

視覚は、無色覺即ち光覺と、色覺とに區別せられます。光覺は、白から灰色を経て黒に至る直線列を以て現はさるゝ感覺であります。色覺は、もつと複雑なものでありまして、圓又は三角形の様な或閉形で現はさるべきものです。赤の感覺から始めますと、極めて徐々に色を變化せしめまして、一方は橙、色に進み、一方は紫色に進むことが出来ます。前の途を取りますと、赤から橙、黄、緑、青、藍、紫と順々に變化しまして、それで一周を完成して、再び赤に戻ります。これ等の色が、白又は灰色と混する時は、不純な色彩、即ち飽和度の低い色を得ます。赤に白又は淡灰色を混じりますと、淡紅色即ち桃色となります。又赤に濃灰色又は黒を混じりますと、その結果は褐色になります。

白の感覺は、スペクトルの總ての色を含む所の、日光の様な、總ての色光の眼に於ける混合によつても起ります。又、前述の色圖に於て、互に相對する一對の色の、眼に於ける混合によつても白の感覺が現はれます。例へば、赤と緑、青と黄、青緑と橙、等の適當な配合によつて、白色又は淡灰色とすることが出来ます。これ等の總ての場合に注意しなければならぬことは、總ての光線は、それ等が眼に到着する時に混合する様な風に組合せなければならぬことでもあります。その爲には、必要な色紙を圓盤上に組合せて、それを速に廻轉することによつて、色を混和して

見る装置が一般に用ゐられてゐます。色々な繪具を、眼の外で混するものは、これとは全く別なことで、その結果は甚だ複雑であります。

前に申しました様に、總ての感覺の限界と強度は大抵人々によつて異なることは確かであります。又各人種に屬する多數の人々を平均して見ますと、人種毎に異なるものである様です。歐羅巴人の男子の約四パーセントは、赤綠色盲であります。彼等は赤と緑とを灰色と見るのです。又極めて稀な型は、青と黄の色盲に屬するものであります。又、全く總ての色を灰色と見る、全色盲といふものもあります。

赤綠色盲が普通多いといふことは、赤と緑とが基本色覺であることを示すものであります。この點に就ては、總ての人が一致してゐます。しかし、色覺全體の現象に就ては、二種の説明が主張されてゐます。ヘリング(Hering)の學說によりますと、赤、緑、青、黄の四基本色覺がありますけれども、ヤング及びヘルムホルツの學說によりますと、總ての色覺は、赤と緑と青との複合であります。これは、第一章に於て、他の問題を説明するに用ゐた、三角形に畫いた通りであります。

原始的人種は、歐羅巴人に比すれば、青に對する感受性が著しく少ない様であります。それが

ら、黄に對しては、更に鈍い様であります。これ等の感覺は、原始人にはまだ十分に發達しない様に見えます。ホーマーの書いた、イリアドの中に現はれる色の用語を調べますと、大に興味があります。此書は約二千八百年前に、ギリシアに於て著はされたものであります。其中には、赤と、黄らしい色の外は全く曖昧であります。そうして、青や褐色の觀念を現はす明瞭な言葉は發見されません。

四 他の感覺

聽覺、味覺、及び嗅覺は、觸覺や視覺に比すると、實驗心理學者によつて、餘り深く研究されてゐません。

音の高低の感覺は、非常に各個人間に差があることが、よく知られてゐます。その鋭敏の度の大體の測定をなす爲に、時々、蝙蝠の叫聲を聞くことが出来るかどうか、といふ試験法を試みることがあります。蝙蝠の叫聲は、人間の聞き得る音の中で、高い方の限界に位するものであります。それで、或人の聽覺の限界が、此音以上であれば聞えますが、以下であれば聞えないのであります。科學的に聽覺の鋭敏の度を測るには、音の高低を自由に變じ得る、任意の音源を用ひて

試験することが出来ます。

色々の點から考へますと、種々の個人の感受能力の間に現はれた種々の差異が、多分、各人の意見及び判斷に幾多の差異を生ずる基礎となるものでせう。各人の意見や判斷は、多く知的理由を有するものと信ぜられてゐますけれど、實際は感覺を基礎とせる直覺的判斷が核心となつて、後から論理的基礎を附加することが多いのであります。

五 記憶

直接感覺から更に微妙なる精神作用の研究に移りますと、吾々は直ちに、記憶の重要なことを認めるのであります。記憶がなければ、吾々は意識の種々の状態、即ち、時を異にする數多の意識を比較することが出来ないでせう。そうしますと、實際、過去と現在との連絡がなくなりまして、吾々の人格が消失することになりませう。

過去の經驗の一部が、自發的に再生しやうとする傾向を、再生力と名づけませう。吾々の經驗が其當時に特に深い印象を與へました場合には、此力は殊に強いものであります。吾々の頭に、こびりついて、思ふまいと苦心しても中々忘れられず、遂に睡眠をも妨害する様な、思想の存在

することは、この傾向のよい説明となります。

再生力の形式は、個人間に差があります。ある人は完全に全部の経験を回想します。他の人は形を思ひ出しますが、色を忘れてゐます。又他の人は、音、味又は嗅を最も明瞭に復活せしめます。ある人には、過去の光景が言葉で現はれます。その言葉は、耳で聴いた様に想像することもあり、又は心中で話した様に想像することもあります。それから、ある人は心象のない思想を用ひて回想します。

比較的簡単な記憶現象を研究するには、一組の無意味綴を暗記する爲に、幾回反復して讀むことが必要であるか、といふことを測定する方法があります。綴の数が増加するにつれて、暗記に必要な反復度数は急激に増加するものであります。

エビングハウスの實驗によりますと、一回讀み又は聞いて、正しく暗記することの出来る最大数は、無意味綴に於ては六個乃至七個であります。所が綴数が十二個となれば、十五回の反復を必要とします。十六個となれば、三十回、二十四個では四十四回、二十六個では五十五回を要することになつてゐます。

一定の時間を経過しますと、これ等は一部分忘却せられます。その時、新しく實驗を繰返しま

すと、第一回よりも、僅かの反復の度数で、暗記し得ることが発見せられます。斯の如き實驗を忠實に行ひますと、時間の影響、新印象の効果及び他の複雑な種々の影響等が研究せられます。

六 聯想

記憶の研究は、又、聯想の研究に光明を與ふるものであります。聯想は、吾々の精神作用の中で最も重要な特性の一つであります。若し、多くの綴を記憶する時に、それ等で數個の對を作り、各對の始めのものにアクセントを附けますと、これ等の綴は容易に記憶されるものであります。この場合には、第二の感覺、即ちリズムの感覺が、多分起るものでせう。

又、一定の時間後に、アクセントの附いた綴の一つを示しますと、アクセントの附いてない綴を示された時よりも、容易に、それに續く綴を回想し得るものであります。又更に複雑なる聯想が數多の綴の群の間に発見されます。例へば、數多の綴が意味のあるものである時には、非常に急速に且完全に記憶し得ることが、發音と意味との間の聯想の効果を示すものであります。

意味を有する韻文に、リズムとアクセントを付け加へますと、聯想は完全なものとなります。

大抵の人が、散文を記憶するよりも、詩歌を記憶するのが、非常に容易であると經驗するのは、

此理由によるものです。

記憶の最も著しい喪失は、最初の記憶がなされた直後に起るものであります。記録後十分経過した後の聯想は、記憶の直後に試験した結果よりも不完全であります。けれども、十分後と二十四時間後との間の回想量の差は、そんなに著しいものではありません。單純なる再生力、即ち機械的記憶の再生は、時間と共に減衰する傾向が、特に著しいものです。所が、或課程の意味が十分に理解された場合の如き、合理的學習に含まれたる複雑なる聯想の助けがある時には、その記憶が時間と共に著しく減衰する傾向が少いものであります。

吾人の肉體的及び精神的活動の大部分は聯合の作用によつて構成せらるゝものであります。聯想なる語は、精神作用のみに用ゐますが、それを生理活動等に擴張した場合には、聯合といふ語を使用します。

嬰兒は、その四肢の運動を調整する力を有しません。けれども、徐々に適當なる運動を聯合する習慣を得て、遂に歩行及び談話等の能力を生ずる様になります。又、手藝は練習によつて、巧妙の度を増加します。これも、聯合の効果の他の説明となるものです。

教育の職分は、種々の適當なる聯合を形成することであり得ます。五七三十五といふ掛算の聯想中に含まるゝ様な簡單なる記憶の効果を始めとして、高等數學者が聯想の力によつて、微分方程式を容易に解く様な場合に至るまで、吾々が、常に新しく數學の第一原理から、諸問題を研究する精神労働を避け得るのは皆主として聯合の利用であります。

紀律又は軍紀と名づけらるゝ、軍隊訓練の方面の全部は、聯合の應用の問題であります。紀律によりまして、上官の命令が與へられた場合に、軍人は、其意志に無關係に機械的に服従しますつまり、命令と服従とが、密に聯合して、嚴正なる紀律を作ります。そうして軍隊はその指揮官の掌中にある有情の武器となります。

多數の政治問題も、聯合力の一の説明として取ることが出来ます。殊に選舉術は、選舉人の心に、自黨の候補者に有利なる聯想を強く印象せしむることであり得ます。例へば、自黨即ち進歩黨と、其候補者スミス君とに、平和、廉價なる食品、社會改良、強大なる帝國、及び失業救済等の觀念を聯想せしめ、反對派たる保守黨の候補者ジョーンズ君に、支那人奴隸制、高價なる食料、外人課税廢止、其他不評判で、なるべく不適切なる概念を聯想させる様に勉めるのであります。選舉運動の初期には、多少合理的な論議が著しく有効でありますけれども、投票期日が接近すると、民衆は非常に興奮して、合理的判斷の作用を失ひ、前に出來た聯想が、最後に投票を決定す

る場合の最大の勢力となります。

現代の選挙の方法は、政治心理学の長い経験によつて色々苦心して考察されてゐます。それによると、候補者が其選挙區に住居することは、實際不利益であるといふことが確からしいのであります。それは、候補者の日常生活の些事や、その人の計畫せる事業などを、選挙人が常に見聞せる爲に、その方面の聯想で其人を評價し易くなります。その結果、候補者の觀念と、有效なる選挙道德の觀念との間の聯想の單純性が失はれ、候補者を幾分軽く見る傾向が多くなります。

現代のデモクラシーの基礎をなせる學説は、實に、古い主知論者の學説であります。彼等は、ある刺激の下に於て、人の精神が不合理な性質を現はすことを考へなかつたのであります。總ての人が常に合理的であれば、主知論者の合理的社會組織としてのデモクラシーは、恐らく完全に近い制度の基となりませう。

しかし、實際の社會を観察しますと、この學説の基礎が、益々信用が出来ない様になります。そこで、多分、他の等しく有力なる新しい基礎が、將來生起すべき新社會組織の爲に、發見せられるでせう。

七 精神活動の區分

心理学の内省的方面の研究は、實驗的方面に比して、年代の點に就ては遙かに古いものであります。その結果は後の方面ほど一般に一致せるものではありません。カント (Kant 一七二四—一八〇四)の時代から、事物に對する吾々の直接の精神的關係を、三種の意識活動に區分するのが普通でありました。第一に、吾々は事物を知り、又は理解します。第二に、吾々は事物の知覺によつて、快又は不快に感じます。第三に、以上の結果として、吾々は、その事物に對して、ある希望を持ちます。これ等の三種の状態は、屢々、認識(知)、感情(情)、及び意志(意)と名づけられます。情と意との關係は、これ等の各自が知に對する關係よりも、甚だ密接な連絡がある様に見えますから、現今は精神作用の區分を二つに変更しやうといふ傾向があります。そうすると感情と意志は一群となつて、情意となり、知と對立することになります。

八 概念

人類の精神の特性は、複雑なる概念を構成する力、及び長い連続的思考をなし得る力であり

ます。この過程に於て、聯想は重要な位置を占むるものであります。聯想に二つの種類があります。第一は、過去に於て正しく、同時に起り、又は繼續して起つた、二つの(事象)の間の聯想であります。第二は、時間的及び空間的に過去に於て一致して居なくても、互に相類似せる事象間の聯想であります。一般に、前者を接近聯想、後者を類似聯想と呼びます。

こゝに又、表象の間に行はるゝ新しい構成的過程が現はれます。それは、比較作用であります。吾々が虎を見ますと、心中に於て猫との類似を思ひ浮べます。そこで吾々は意識的に、猫と虎とを比較します。そうして、猫屬の動物といふ概念を作ります。虎も猫も、猫屬中の一種となつて皆その中に含まるゝこととなります。斯の如き概念は又、此屬中に含まれて、吾々の未だ知らなゝ、他の動物の存在の可能性を含有するものです。それで、斯の如き動物の搜索及びその認定の際に役に立つものであります。

これ等の點から、言語が心理學的に重要であることが解ります。總ての同様な動物に、猫といふ一般的名稱を與ふることの可能性は、吾々の心に、猫といふ一の普遍的又は一般的概念を構成する助けとなります。こんな概念構成の過程に於て、言語は感覺の結果を明らかにする役に立つだけではありません。その外に、猫が多くの興味ある特性を有することを知らせる爲にも用ゐら

れます。例へば、猫は九つの生命を持つてゐるといふ傳説があります。これは、實驗することも出来ない無稽な説であります。猫といふと、何となく九つの生命を持つてゐる様な氣がします。これは俗例ですが、ある猫に就て、種々の性質を知ると、將來の猫の概念中に、それ等の性質を合併して考へることになるでせう。かくして概念合成の過程が出来上るものであります。

九 潜在意識と變態現象

吾々が意識してゐる精神過程は、吾々の精神の活動の全部を現はすものではありません。その外に、表面上は意志の統御に無關係な、潜在意識の活動が存在し得るのであります。その結果は未來の意識中に侵入します。夜、眠る前に解決することが出来なかつた問題が、醒めて意識を恢復するや否や、直ちに解決が出来ることがあります。これは、睡眠中の潜在意識の活動の一例と考ふる事が出来ます。

催眠術の現象に於ては、もつと著しい例が現はれてゐます。催眠状態にある被術者に對して、施術者又は他の人が、種々の暗示を與へますと、それは催眠状態にある間の被術者の行動に影響するばかりでなく、覺醒後に於て全く自己統御をなせる正常の状態に返つた様に見える時まで

影響し得るのであります。

二重人格又は多重人格の様な稀有な場合に、潜在意識の極端な例が見出されます。これ等は、脳の傷害、催眠又は麻酔の如き不自然なる睡眠、又は薬剤の作用等によつて起るもので、過去の生涯の記憶を完全に失ふことが多いのであります。かくして、全然新しい人格の発生を見、又は古い性質が著しく變形される様になることがあります。第二人格の生活の忘却が起る場合に、一般に第一人格に歸るものでありますけれども、いつまでも、そうなるとは限りません。つまり、第三人格に移ることもあります。第一人格と第二人格との間に、數回の交換があつた例は、屢々觀察せられ又記述されてあります。

心霊學者は、ある觀念が、正常の感覺の助けを籍らずして、直接に心から心へと傳達せられ得ることの證據が得られたと稱してゐます。それから、靈媒の現はす様な變態の精神に起る或種の現象は、死者の人格と聯合せる意識が、生きた人の精神に作用する爲に起るものであると、ある觀察者は説明してゐます。けれども、これ等は全く確證がありません。

十 精神と物質との關係

精神的過程と、精神系統に於ける變化との間には、密接なる一致があることが明らかになりました。感覺は、身體の表面から、一種の神經組織(感覺神經)によつて、腦に神經刺激が傳達されることによつて起るものです。又筋肉運動は、腦から、他の神經組織(運動神經)によつて、筋肉に刺激が傳達される時にそれに應じて起るものであります。

生理學者は、腦の異なる部分は、異なる機能を司るものであることを證しました。しかし、異なる機能を相連關せしめて、調和的に使用する爲には、特殊の神經機制を要します。例へば、大脳の左半球(特別の人に於ては右半球)の第三廻轉は、言語を發するに必要な咽喉と喉頭との運動の相關關係を司ります。それで此廻轉を傷けますと、失語症を起し、言語の能力を失ふことになりません。一般に、高等なる精神的過程に必要な諸觀念の群集は、その簡單なる成分とは、種類の異なるものであります。つまり、その成分の單なる集合でなく、それ以上の或もの、即ち各成分を連絡する特殊要素がなければなりません。

總ての心理的狀態に對して、それに相應する生理的過程が大腦中に存在する證據が示されてゐます。それから、總ての生理的過程に對して、それに相當せる物理的及び化學的變化が、神經の實質中に起ることも明らかであります。

この精神神経的及び精神物質的平行論は、観察及び實驗によつて知らるべき事柄であります。そうして心理學と生物學との連合的結論の一であります。心理學にしましても、生理學にしましても、凡そ科學其物の目的としましては、意識の主觀的過程がそれ等に供なふ所の、神經變化の客觀的現象と直接に連絡するか、どうかといふことに就て、ある假説を作することは、不必要であります。

それでも斯の如き研究は、人類にとつては根本的に重要なものであります。所が、これ等は、形而上學と名づけらるる哲學の一分科の問題であります。そうして心理學又は其他の科學が、答へ得る問題でもなく、又研究を要する問題でもありません。物理學の職分は、物理學の光によつて見た自然界の精神的模型を作ることでありませぬ。又、生物學の職分は、生物學の光によつて、同様なものを表現することでありませぬ。それ等と同様に、心理學は、固有の特殊の見地から、精神を包含する自然界の部分の精神的模型を作るものであります。

心理學の職務は、整合せる矛盾なき模型を作ることでありませぬ。その模型が完全に實在と一致するかどうかといふ、更に基本的の問題に對する答を求むるものではありません。そんな問題は形而上學の爲に残してあります。又、心理學は、それ自身の模型と、物理學或は生物學の模型と

の間の關係を、當然研究することすらも出来ませぬ。これ等は、前に申しました様に、異なる平面上にあるもので、相互に接觸せしむることは出来ませぬ。これ等の間の眞の關係、又は關係の缺乏の問題は、實在研究の一部分であります。つまり形而上學の問題であります。

形而上學は、この特殊問題に就て、四個の假説を作りました。まづ第一に、心物平行論を主張する形而上學説があります。この學説は、心理學者が單に、一の便宜なる科學的假説として採用した二個の獨立系列の平行論を究竟的眞理の状態に高めたものであります。この二元説によりますと、吾々の意識的思考と、吾々の神經的變化とは、永久に歩調を合せつゝ進むものであります。それを横ぎつて相互作用が行はれることは、全く不可能であります。

第二の學説は唯物論者の説であります。彼等は、物質的變化が唯一の實在であつて、意識は單に原子及び分子の集散に供なふ副産物に過ぎない、と主張します。

第三の學説は唯心論と呼ばれます。そして、この學説によりますと、精神が唯一の究竟的實在であります。それから物質は、ある有限なる精神、又は無限の精神即ち神の心等の種々の表現の中の一つに過ぎない、と考へます。

最後に、第一説と異なる他の二元説があります。それは精神と物質とを別々なものと認めます

けれども、吾々の精神が物質に作用し、又物質から作用を受けるといふ常識的見解を採用するのであります。その相互作用の詳細なる形式は、まだ未決定のまゝであります。

斯の如き形而上學説を論究するのは、吾々の現在の目的以外のことでありますから、これだけで止めて置きます。

十一 經驗的知識

これから更に詳細に、知識論の研究に移らうと思ひます。その問題は、實際如何にして知識は成立し得るか、その可能なる方法は一つであるか、一つ以上であるか、といふ様なことの研究であります。この問題の範圍は、從來種々の論争のあつた所であり、又現在に於ても、論争し得る餘地の多い所であります。それで、總ての哲學者が次節に述べる説明に一致することはないでせう。

物理學及び生物學の章に於て取扱つた知識は、吾人の知識の一種で、經驗による知識と名づけることが出来ます。これは又、直接知識と叙述知識とに區分することが出来ます。直接知識は、第一に、吾々が或る事象を知覺しつゝある場合に、直接の感覺によつて得られるものであります。

例へば、吾々が草を眺めてゐる時に得る所の綠色の感覺、又は吾々が運動しつゝ球を止める場合の力の感覺の様なものであります。第二に、直接知識は記憶作用によつて得られるものであります。記憶は、精神の直接作用によつて、吾々が回想する過去の經驗を認識せしむる作用であります。第三に、其他の種類の直接知識は、内省即ち自我意識と稱するものから得られます。吾々が草を見る時に吾々は自分が草を見つゝあることを知ることが出来ます。つまり、自分の精神状態と精神作用とを知り得るものであります。自我意識は、自己の精神的生活に就ての吾々の知識の全部の源であります。

經驗による知識の他の區分は、叙述によつて得らるゝ種類の知識であります。草に關する吾々の知識は草の感覺的知識を除外しますと、叙述による知識が残ります。叙述知識は、草の性質に關する多數の叙述の記憶を含むものであります。その叙述は、吾々自身で發見したものもあり、又は言語の助けによつて、他人の知識が吾々に供給されたものもあります。吾々の有する草の概念は、綠色であること、家畜の良い食物であること、生長しつゝある植物細胞から成立せることその細胞は分子、原子乃至電子から組成せらるゝこと、などの種々の特性を含むものであります。吾々は、草に關する直接の精神作用、即ち、吾々の草に對する感覺のみによつて、草を十分に知

ることは出来ません。知るといふことを廣く解釋しますと、意識的又は無意識的に草に關する多數の叙述の記憶を綜合することによつてのみ、吾々は草をよく知り得るのであります。

十二 論理的原理

これから更に異なる知識の研究に移りませう。その知識は、論理學の原始及び純粹數學即ち符號論理學の原理を含むものであります。經驗論者と稱する哲學者の一派は、この場合にも亦、總て吾々の知識は經驗によつて得られるものであることを主張します。それに反對せる哲學者の一派なる唯理論者は、論理學の原理は、精神の直覺作用によつて理會されるものであつて、經驗によつて證明されるものではない、只それ等は經驗によつて暗示され得るものであり、又通常暗示されるものであると主張してゐます。

それで、「二と二を加へると四になる」といふ真理、又は、「同じものに等しい數個のものは、互に相等しい」といふ公理は、初心の數學者に於ては、四つの實物を計算する過程により、又は、數個の等しき長さの實測によつて暗示せられ得るものであります。しかし彼が此命題の意味を理解する時には、直ちに彼は、此一般的真理が、それ等を説明するに用ゐた物體又は線だけに就て真

であるばかりでなく、總ての時に就て、總ての條件の下に於ける、總ての事物に就て真でなければならぬといふことを認めるでせう。

自然科学の研究資料の中に存在する種々の命題はそれ等を信する爲に、總ての可能なる場合に就て真であることの證明を必要としました。所が、前に述べた數學の原理を現はす命題は全く異なる種類のものであります。總ての化學元素は不變なものである、といふ叙述の眞なることは、元素を相互に變換することに失敗した多數の實驗によつて、漸次に確立せられました。遂に、これは一般に採用せらるゝ原理となりました。此原理に有利なる確率は巨大となりました。しかし放射能元素が自發的に壊散して、更に簡單なる原子に變化する現象の發見によつて、斯の如き物質に於ては、確實性はないものであることが明らかになりました。吾々は、總ての化學元素が不安定なる世界を想像することが出来ます。又エネルギーが一定不滅でない世界や、質量が引力的でない世界を想像することも出来ます。しかし、吾々は、二と二を加へて四にならない世界や、同じものに等しい數個のものが互に等しくない様な世界を想像することは出来ません。

つまり、かやうな論理的原理は、直覺的理解によつて、吾々に知らるゝものであります。これ等は屢々思考の法則として取扱はれました。そこで此見地から考へますと、これ等の原理は心理

學の材料であると同時に、論理學及び純粹數學の基礎であります。

しかし、これ等の原理は、吾々が、それと一致して思考しなければならない所の、思考の法則であると共に、又外界に於ても眞であります。實際の経験に於て、二圓と二圓とは常に四圓となります。これは二と二を加へて四となる一般原則に一致するものであります。それ故に、或る哲學者は思考の法則は吾人に實在世界、即ち普遍性の世界に關する一定の知識を與ふるものであつて、思考の法則といふよりも、寧ろ自然界の法則である、と主張します。

所が、他の哲學者は、吾々の思考の法則が、自然界に起る特殊の場合と一致するといふ事實は單に經驗上に現はれたことであつて、それに反對なことも想像することが出來ると主張します。この見解によりますと、斯の如き自明の論理的原理を、論理學及び純粹數學の純粹の理想的且普遍的建築の基礎とのみ考へる方がいゝやうです。又、これ等の原理が、外部の現象世界の具體的の場合の物質及び事件に就て、如何なる程度まで眞であるかを試験する仕事は、經驗及び實驗に委した方がいゝやうです。それでも、動電力と電流との間の比例性を現はす様な特殊の物理學の法則や、ニュウトンの引力説の様な或る物理學説等の眞實であることの證據に比較しますと、前の論理的原理が外界の特殊現象に對して眞實であることの證據は、其分量が大であるばかりでなく、

多分種類が違ふものでありませう。物理學の法則や理論に對する證據は、甚だ廣い範圍に亘り得るものでありますけれども、その種類は特殊なものに限られてゐます。しかし、論理的原理が自然界に於て眞に應用せらるゝものであるといふ證據は、特殊的でなく一般的であります。總て吾々の經驗は、如何なる種類のもので、この論理的原理と整合するものであります。この原理を遵守せずして、少しでも脊反する時には、全く知的混亂を起すことになりまして、科學も、系統的知識も到底成立しないことになりませう。

形式論理學は、それに符號を用ひ始めましたから、非常な進歩を遂げました。斯の如き符號は數學に於ては、既に古くから慣熟してゐたものであります。符號は、言語で現はして廻りくどくなり又面倒である様な關係を、簡単な形式に書き現はす方法として有効であるばかりではありません。符號は又、概念の分析を現はし、且つ概念の殆んど繪畫的な表現をなすものであります。例へば、代數學の基本的法則の一つを考へて見ませう。第二の數(2)に、第二の數(2)を乗して得たる積は、第二の數に第一の數を乗して得たる積に等しいものであります。此法則は、次の符號式によつて、更に簡潔に、しかも尙更に明瞭に現はされます。

斯の如き方法によつて、吾々は推理の働きを殆んど機械的に行ふことが出来ます。他の方法でこの推理をなす時は、注意深い、面倒な思考を必要とするでせう。

『文明は、吾々が思考を費さずして遂行し得る重要な作業の数を増加することによつて進歩します。思考の作用は戦闘に於ける騎兵の突撃の様なものであります。其兵數には嚴重な制限があります。彼等は元氣な馬を必要とします。又決定的の瞬間のみになされなければなりません。』

總て斯の如き直覺的知識は、言語によつて現はされましても、又符號によつて現はされましても事物に屬する知識ではありません。これは普遍性の間に存する關係に就ての知識でありまゝ、前に擧げた方程式に於て、 x と y とは、如何なる種類の二個の量でも現はし得るものであります。それは林檎の或數でも、又はシリリング、呎、時間等の或數でもよろしいのです。又、掛算と等式の觀念も、一般的觀念でありまして、特殊の運算や特殊の恒等式に限られたものではありません。

かやうに、吾々が直覺的に得る知識は、自然の事物又は自然現象に關する知識ではありません。これは純粹の理想世界即ち、普遍性の世界に關係するものであります。

吾々が此知識を自然現象に應用しやうと欲する場合には、先づ經驗の研究から始めなければなりません。そこで吾々は、本書に於て最初に研究しました所の實驗的科學に接觸することゝなり

ます。經驗は推理を進むべき材料を供給するものであります。つまり、普遍性の間の關係に就ての直覺的知識を應用し得る特殊の例を與ふるものであります。

吾々の經驗に現はるゝ種々の知覺は、それに相當する長さ、時間、及び力等の概念を暗示するものであります。それ等の概念から更に二次的の概念たる質量が推定せられます。質量(m)は、それに單位の加速度(a)を與ふるに要する力(f)によつて量らるゝものであります。この定義が力と質量との關係を定むるものであります。そこで吾々は次の様で符號で記述します。

$$f = m \times a$$

この關係は、物質に運動を起さしむるに要する力に關する吾々の經驗によつて暗示されます。けれども、その精確なる形式は、吾々が質量の定義を與へた結果として定まるものであります。それで、嚴密にいへば、この關係は概念世界にのみ應用され得ることが、わかります。長さ、時間、及び力の概念と、質量の定義とが與へられますと、 $f = m \times a$ なる關係は、思考の論理的法則の結果として現はれます。そうして、これは普遍性に關する吾々の理想的概念の間の必然的關係のみを與へるものであります。

しかし吾々の經驗によりますと、この關係は實用的力學に對する確實なる基礎となり得ること

が明白になりました。力學を建設する爲には、實際起る自然界の現象に就ての更に多くの經驗を要するでせう。ニュートンは、林檎の落下と、月の落下とを連合して、兩者を説明する爲に、物質間に働く引力の假説を作りました。直覺的の論理的原理によつて、彼はこの假説の生ずる結果を演繹して、その結果が皆、觀測の事實と一致することを發見しました。この假説は先づ一つの場合に於ては正しいことがわかりました。

次に、この假説は、また、惑星が太陽の廻りに橢圓形の軌道を書いて運行することを説明するに十分であることが證明せられました。つまり、引力説は第二の場合に於ても正しいことが證せられたのであります。次に、引力説は、月の軌道に働く、總ての複雑なる攝動（太陽及び惑星の引力により月が理想的軌道により幾分偏倚する運動）を説明することが出来ることが證明されました。又、ある惑星（天王星）に對する攝動的効果によつて、今まで知られてゐなかつた惑星（海王星）の存在を發見することすらも出来る様になりました。

かく一步一步成功する歸納的過程によつて、この引力説を更に他に應用する場合に、新しい安全の感情が人々の心に起りました。その次の試験も亦この學説の正しいことを證明しましたので、引力説の確實性は益々増大することになりました。かくて、その確實性の増大の極は、遂に引力

説が普遍的に眞實であることを認めしむる様になり、これが自然の一般的法則を現はすことが明らかになりました。かくの如く、歸納法を用ゐて、吾々は特殊の場合を數多集めて研究し、遂に特殊の場合から一般の法則に到達する様になります。

けれども、吾々は、こんな場合にも決して論理的確實性に到達したものではありません。吾々は只、この學説の成功せる應用の例が漸次吾々の手によつて増加するにつれて、確實性により近く到達し得たに過ぎないのです。自然科学に於ては、確實性といふやうなものはありません。自然科学の法則は單に確率 (Probability) の問題であります。ラヂウムの原子が、一千年の間、不變の組織を維持し、最後の或不思議な瞬間に、一舉に爆發して粉碎されることがないとも限りません。けれども吾々の經驗では、ラヂウムは常に徐々に壊散して、その原子の構造を絶えず變化せしめてゐますから、物理學に於ては、ラヂウム原子變化の法則を樹立してゐるのです。かゝるラヂウムの變化の法則は現在の地球上では正しいでせうが、他の星界に於て常に眞であるかどうかは疑問であります。

しかし、科學に於ても、實際的生活の場合と同様に、吾々は一步一步、歸納法に依つて進むものであります。實際生活に於ては、太陽が今まで毎日毎日東から出たから、明日もまた東から出

るだらうと豫想することは必要であります。それと同様に、科學に於ても、電流が過去に於けると同じく、未來に於ても常に磁力を生ずるだらうと豫想することが必要であります。

未來を豫言する歸納的原理は、經驗によつて證明することは出来ませせん。如何となれば、來の事象に關しましては、歸納的原理のみが、過去の事象からの推論を證明することが出来るからであります。つまり、吾々が經驗に訴へて、ある法則を證明しやうとする時には、その證明の中に、歸納法の原理が包含されてゐます。そこで、かくの如き内在的證據に基づいて、歸納法の原理は、前に擧げた思考の法則と同様に、直覺的知識の一部分であると考へなければなりません。吾々は、前に起つた事象は何でも再び起り得ることを、本能的に感じます。又、ある事象 過一に於て、例外なく生起する度数が多ければ多い程、同じ事象が未來に起る確率は大なることを本能的に感じます。先づこの問題は、これ位で止めませう。

吾々は今、全科學の一週が終つて、最初の出發點に歸りました。この點に於ては、論理學と數學とが、自然界の研究に應用せられますが、特に最初に、力學によつて研究される自然界の一面に適用されてゐます。

X X X X X

これで、科學の無限の廣野に對する、吾々の簡単な研究を終ふことにしませう。ある一つの科學の詳細に就て研究するのは、本書の目的とする所ではありません。又、實在の本性に關する形而上學の問題を取扱ふことも、本書の目的以外のことであります。形而上學の研究は、總ての方面の知識を必要とするもので、第一章に於て述べました學問の排列圖に就て云へば、中心の無色の白光の場所によつて現はさるゝものであります。

自然科學と違つて、形而上學の結論には、今まで總ての學者が一致する様なものは出来ませせん。多分、形而上學では、一定せる正確なる結果を得ることは不可能でせう。形而上學者は、自然科學の所謂卑近なる問題を解決するに成功するよりも高き權威を有する重要な形而上學の問題を正しく構成する方法を研究する方がよいといふ確信を、永久に保持し続ける外に途はないでせう。

大正十四年壹月五日印刷
大正十四年壹月十日發行

定價金壹圓



著者	本	田	親	二
著作	島	山		恒
發行	竹	內	淳	郎
者	東京市牛込區早稻田鶴卷町四三六			
印刷	野	口	常	太
者	東京市神田區三崎町三丁目一番地			郎

發行所
東京市牛込區早稻田大學前
振替東京二三七三七番
敬文堂書店

友文社印行

528

151

終